

**Die
Geologie des Pyrmonter Beckens sowie
die Entstehung seiner Mineralquellen.**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Universität Tübingen



vorgelegt von

Paul Hülsenbeck

aus Gevelsberg (Westf.).

BERLIN 1919.

Von der Fakultät angenommen am 26. Juni 1914.
Referent: Prof. Dr. POMPECKJ.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553613_0157

Die Geologie des Pyrmonter Beckens sowie die Entstehung seiner Mineralquellen.

Von Herrn **Paul Hülsenbeck** in Wulkow bei Altruppin i. M.

Mit einer tektonischen Übersichtskarte der Piesberg-Pyrmonter Achse
im Maßstab 1:500000, Tafel 13.

I. Orographisch-hydrographischer Überblick.

Das bearbeitete Gebiet liegt zwischen dem $26^{\circ}45'$ und dem $27^{\circ}5'$ östlicher Länge und dem $51^{\circ}55'$ und dem $52^{\circ}3'$ nördlicher Breite und ist dargestellt auf den Meßtischblättern Pyrmont, Ottenstein, Kirchhosen, Ärzten, Alverdisen und Blomberg der Königlich Preussischen Landesaufnahme.

Genau in der Mitte dieses Gebietes liegen die beiden Städte Pyrmont und Ösdorf auf sanften Erhebungen, die nach Norden stärker anschwellen und schließlich in die steilen Hänge des Bomberges übergehen. Im Süden breitet sich ein mit satten Wiesen bedecktes, 4 qkm großes, vollkommen flaches Tal aus in der Gestalt eines gleichseitigen Dreiecks, dessen Südecke bei dem alten westfälischen Städtchen Lügde liegt. Die Nordseite verläuft von dem Dorfe Holzhausen im Westen zum Bahnhof Pyrmont im Osten. Dieses Tal ist ringsherum von hohen Bergen umgeben. Den Seiten des Dreiecks entsprechend verlaufen von Lügde aus zwei Gebirgszüge, der eine im Südwesten des Tales über Hagen zu dem Gute Tappenkrug, der andere im Südosten über Großenberg, Kleinenberg, Eichenborn, Lichtenhagen und Lüntorf nach Welsede. Die Berge im Norden ziehen sich von der Höhe der Griesener Chaussee in einem leichten Bogen um Pyrmont herum ebenfalls nach Welsede.

Das Tal wird durchflossen von der Emmer, einem kleinen Nebenflusse der Weser, die am Fuße des Teutoburger Waldes bei Himmighausen entspringt. Sie durchfließt in nordöstlicher Richtung die Blomberger Keupermulde und tritt bei Lügde durch ein enges Tal in das Pyrmonter Becken, das sie in vielen Meandern durchfließt und bei Thal durch ein ebenso enges Tal wieder verläßt. Wenige Kilometer weiter nordöstlich mündet sie bei Emmern in die Weser.

II. Stratigraphische Verhältnisse.

Buntsandstein.

Das geologisch älteste Glied, das in dem bearbeiteten Gebiet angetroffen wird, ist

a) der Mittlere Buntsandstein.

Er tritt im Nordosten des Pyrmonter Beckens am linken Ufer der Emmer in einer schmalen Scholle zutage, die sich von der Dunsthöhle zur Göslinger Ziegelei um die Westseite des Königsberges herum bis hinab zum Neubrunnen, dem Kreuzungspunkt der Bahnhofstraße und des Neubrunner Weges, erstreckt. Am rechten Ufer der Emmer findet sich außerdem an der Höhe der Straße von der Dringenauer Mühle nach Löwensen eine kleine Scholle. In seinen obersten Partien ist er aufgeschlossen in einem Steinbruch in der Nähe des Solbadehauses an der Straße nach Ösdorf, in verlassenen kleinen Brüchen an der Dunsthöhle, wo er früher in größerer Menge gebrochen wurde, die aber wegen der dort überall in einer gewissen Tiefe mächtig aufdrängenden Kohlensäure aufgegeben werden mußten, und endlich in der Nähe der Göslingschen Ziegelei, wo er zu beiden Seiten der Straße ansteht. Er besteht aus dicken, wenig festen, dunkelroten, feinkörnigen Sandsteinbänken mit reichlich weißen Glimmerschüppchen auf den Schichtflächen, die einen leichten Zerfall in dünne Platten bewirken, wie sie in den obersten Partien erscheinen (Solbadehaus). Nach oben folgen dann rote, braungraue bis grüne Tone mit mehr oder weniger

Sand oder Kalkgehalt, in denen einzelne harte, bis sehr harte, kieselige Sandsteinbänke auftreten. Selbst noch zum Mittleren Buntsandstein gehörig bilden sie den Übergang zu den mehr tonigen und mergeligen Ablagerungen des Röts. Diese tonigen Grenzschichten sind gut aufgeschlossen bei der erwähnten Ziegelei an der rechten Seite der Straße, während links unten die dicken Bänke der Bausandsteinzone anstehen.

- Profil bei der Göslingschen Ziegelei
an der Ostseite der Straße:

- etwa 0,20 m grau-grüne Sandsteinbank
- 0,70 » gelb-grüne Mergel
- 1,32 » rote, bröcklige, lehmige Mergel
- 0,48 » grau-grüne, bröcklige Mergel
- 1,30 » rote Mergel mit geringem Sandgehalt
- 0,08 » grau-grüne, löcherige, sehr sandige Mergel
- 0,63 » rote Mergel
- 0,55 » grau-grüne, kalkige, wenig löcherige Mergel
- 0,64 » rote, ungeschichtete Mergel
- 0,20 » harte, blaue bis gelb-grüne, löcherige, kieselige Sandsteine mit Stern-
gipsen
- 2,00 » dunkelrote, sandige Tone, undeutlich oder gar nicht geschichtet,
mit zahlreich eingesprengten, erbsengroßen und größeren Kaolin-
gallen. Auf den Klüften ist durch zirkulierende Wässer das
Gestein färbende Eisenoxyd in Brauneisen umgewandelt. Stellenweise
Schüppchen von Bleiglanz. Linsenförmig eingelagert finden sich
dünne, feinkörnige, löcherige Sandsteinbänkchen. Nach oben nimmt
der Sandgehalt zu, und die letzten 0,20 m sind zu einem feinkörn-
igen, löcherigen Sandstein geworden, in dem zahlreiche hellere,
entfärbte Flecke sind. Auf der Oberfläche dieser Sandsteinbank
finden sich kräftig ausgeprägte Wellenfurchen.

b) Oberer Buntsandstein (Röt).

Der Röt bildet die sanften Hänge, die im Norden von Pyr-
mont zur Höhe des Bomberges überführen, und die im Südosten
langsam zum Mühlenberge ansteigen. Er umsäumt den Fuß
dieser beiden Bergzüge, erstreckt sich vom Südausgang von
Lügde bis zum Nordende von Thal. Hier greift er über auf das
linke Ufer der Emmer und geht über Löwensen, Friedenthal
um den Königsberg herum bis hinauf in den Langen-Grund und

weiter nach Westen um den Bomberg und Iberg bis zu den Erdfällen, wo er, durch eine nordsüdlich verlaufende Verwerfung abgeschnitten, an die Gesteine des Wellenkalkes stößt. Im Süden ist er am Ausgang der Stadt Pyrmont von den alluvialen Ablagerungen des Tales verdeckt.

Der Röt besteht aus bunten, vorwiegend roten Tonen und Mergeln mit eingelagerten harten Dolomit- und Sandbänken, sowie kalkigen Lagen mit vielfach lagenweise auftretenden Kalkspatdrusen (Gipsresiduen). Ganz zu oberst stellen sich feste Bänke eines eigelben Kalkes ein, der die Grenze gegen den Wellenkalk darstellt, aber noch zum Röt zu rechnen ist. Diese eigelben Kalke sind aufgeschlossen an der Sohle des Wellenkalkbruches auf halber Höhe des Königsberges an dem Wege, der von Ösdorf nach dem neuerrichteten Bismarckturm führt, sowie in dem Wellenkalkbruch am Osthange des Bomberges an dem Wege direkt über die Höhe nach der Sennhütte. Gipslager konnte ich nirgends beobachten, doch erwähnt MENKE ein Vorkommen im Graben der Dringenauer Mühle, das sich bei Gelegenheit einer Neuregelung desselben dort fand. Aufgeschlossen finden wir den Röt in einer Grube am Königsberg bei der Restauration »Königsberg«, am Bomberge an der Fahrstraße Pyrmont-Sennhütte wenige Meter nördlich der Umbiegung derselben nach Osten, sowie in den Erdfällen.

Profil der Rötgrube am Bomberg.

- 0,50 m unten festere, nach oben mehr tonige Mergel, die von einer 0,10 m mächtigen Lage weicher, roter Letten bedeckt sind. Darüber scharfkantige, bröckelige, rote Mergel mit vereinzelt Gipsknollen.
- 1,00 » rote, bröckelige Mergel, darüber eine Lage Kalkspatdrusen.
- 0,15—0,30 m graugrüne, feste, dolomitische Mergel. Zu unterst: weiche, bröckelige, rote Mergel mit Kalkspatdrusen, nach oben fester werdend.

Muschelkalk.

a) Unterer Muschelkalk (Wellenkalk).

Auf die plattigen gelben Kalke des obersten Röts folgen die grauen kalkreichen Ablagerungen des Wellenkalkes, der die steilen Hänge der Höhenzüge im Südosten und Norden bildet

und den ganzen Fuß des Hagener Höhenzuges zusammensetzt. Nach Westen ist er bis über Sonneborn hinaus zu verfolgen.

Er zeigt im großen und ganzen dieselbe Ausbildung, wie sie überall im nordwestlichen Deutschland zu beobachten ist: Graue, flaserige, plattige Kalkmergel, die stellenweise zu ganz dünnen Platten zerfallen, aber auch härtere krystalline Bänke enthalten, die bald auskeilen, zum Teil jedoch über große Strecken zu verfolgen sind und so eine weitere Einteilung des etwa 100 m mächtigen Wellenkalks ermöglichen. Er beginnt mit einer harten, blauen, krystallinen Kalkbank, die rostfarbig verwittert. Diese ist aufgeschlossen in dem schon erwähnten Bruche am Bomberge, einige hundert Meter östlich vom Spelunkenturm.

Profil des Wellenkalkbruches am Bomberge:

dünnplattige, flaserige Wellenkalke

2,00 m feste, blaue Kalke, die in Platten zerfallen; darin 4 dünne Bänkechen von festem, rostfarbigem, krystallinem Kalk

0,20 » harte, blaue, rostfarbig verwitternde, krystalline Kalkbank.

Röt:

2,00 » gelbe, dickbankige, ziemlich feste Kalke.

Die Zone der Oolithbänke ist aufgeschlossen in einem Bruche nordöstlich von Holzhausen an der Gießener Chaussee.

Profil des Wellenkalkbruches bei Holzhausen:

Am Eingange links oben:

dichte, plattige, feste, graubraune, nach oben gelb bis eigelb werdende Kalke

1,05 m dichter, blaugrauer Kalk mit reichlichen Rostflecken durchsetzt (Untere Oolithbank).

Am Absatz unten rechts:

8,00 m blaue, flaserige Kalke mit einigen festen krystallinen, rostfleckigen Bänken.

Die obere Oolithbank ist nicht vorhanden, doch konnte ich noch einzelne Brocken derselben von der Wiese auf dem Hügel auflesen. Den festen, widerstandsfähigen gelben Kalken verdankt dieser Hügel seine Erhaltung. Diesen eigelben Kalken begegnen wir dann noch einmal an der Straße von Holzhausen nach Hagen, kurz hinter der Schleife, wo sie an der Straße überall

aus der Böschung hervortreten. Auch einzelne Brocken der Oolithbänke sind zu beobachten. Über der Zone der Oolithbänke folgt dann wieder eine größere Partie der typischen flaserigen Wellenkalke in einer Gesamtmächtigkeit von etwa 40 m.

Mit den nun folgenden Terebratelbänken beginnt der Obere Wellenkalk. Sie stellen wohl mit die härteste und widerstandsfähigste Partie des ganzen Wellenkalkes dar. Beide Terebratelbänke, die untere, sowie die obere, finden sich gut aufgeschlossen in einem Bruch an dem Waldwege, der von Löwensen nach dem Büsseberge führt.

20,00 m flaserige Wellenkalke

0,55 » harte, graue, krystalline Kalke mit Rostflecken, löcherig schaumig (obere Terebratelbank)

6,00 » harte, dichte, blaue Kalke in dicken Bänken, stellenweise mit Rostflecken; der untere Teil entspricht der unteren Terebratelbank, doch ist sie nicht scharf von den darüber liegenden Kalken zu trennen.

Die obere Terebratelbank war gelegentlich des Baues des Bismarckturmes auf dem Königsberge gut aufgeschlossen, eine etwa 40—60 cm dicke Bank, die, in Blöcken aufgelöst, ein löcherig zerfressenes Aussehen hatte, mit zertrümmerten Muschelschalen gespickt (Myophorien). Die ganze Bank wurde gebrochen und zum Bau des Turmes verwandt.

Dünne flaserige Kalke mit einzelnen festeren krystallinen Bänken setzen den Wellenkalk nach oben hin fort, der dann in der Zone der Schaumkalkbänke seinen Abschluß findet. Die aschig, mergelig dolomitische Ausbildung dieser Zone erschwert eine scharfe Abgrenzung des Wellenkalkes gegen den Mittleren Muschelkalk ganz bedeutend, und nur wo sie kalkig entwickelt ist, ist diese Grenze mit größerer Sicherheit zu ziehen. Von den in dieser Zone unterschiedenen drei Schaumkalkbänken treffen wir die untere an der Straße von Holzhausen nach Lügde kurz vor der Stadt bei dem Schuppen, sowie auf der Höhe der Straße, die von Lügde den Bomberg hinauf geht. Beachtenswert ist hier der Übergang von der aschig, dolomitisch-mergeligen Ausbildung im ersten Aufschluß zu der kalkigen im sehr nahen zweiten,

sowie eine 0,45 und mehr Meter dicke Kalkbank über der unteren Schaumkalkbank mit intensiv gelber bis ockeriger Färbung, die durch Verwitterung mürbe und löcherig wird. Sehr schön aufgeschlossen findet sich diese Zone dann noch in den großen Glasmergelgruben bei Welsede, aus denen O. GRUPE¹⁾ schon ein Profil veröffentlicht hat.

b) Mittlerer Muschelkalk.

Der Mittlere Muschelkalk zeigt in seiner ganzen Mächtigkeit von durchschnittlich 50 m eine ähnliche Ausbildung wie die aschig-dolomitische Schaumkalkzone des Wellenkalks. In der Hauptsache sind es aschige, feine dolomitische Mergel, die leicht verwittern und zu kleinen eckigen Brocken zerfallen. Einzelne festere, krystallinische, auch rostfleckige Bänke finden sich eingelagert. Nach oben, direkt unter dem Trochitenkalk, treten die dickbankigen Zellendolomite auf, gelbe, klotzige Massen von löcherig zelliger Struktur, deren Zellenwände von Kalkspat gebildet sind. Sie machen den Eindruck, als ob sie ehemals stark zertrümmert, später mit Kalkspat wieder verkittet, und nun, nachdem sie in die Zone der Verwitterung gerückt sind, das heißt nicht mehr von über ihnen liegenden kompakten Massen fester Gesteine vor der Verwitterung geschützt sind, ausgelaugt worden wären und so zu ihrer zelligen Struktur gelangten. Besonders schön sind sie zu beobachten in einem Aufschluß am Knappberge nördlich von Sonneborn:

3 m graugrüne bis braune, aschige, dolomitische Mergel. Die obere Partie Zellenkalk. Das ganze sehr massig von vielen sehr dünnen Bänken und Bändern von Kalkspat durchzogen, die auf den Zellwänden auswittern.

Nur etwa 1,5 km südwestlich auf der Höhe bei der Windmühle ist in einem Aufschluß in demselben Niveau nichts mehr von diesen Zellendolomiten zu beobachten; hier ist der Mittlere Muschelkalk durch seine flache Lagerung und durch eine über ihm ausgebreitete Decke von Trochitenkalk besser vor der

¹⁾ O. GRUPE, Zur Stratigraphie der Trias im Gebiet des oberen Wesertals, 4. Jahresber. niedersächs. geol. Ver., S. 57. 1911.

Verwitterung geschützt, und es kommt daher nicht zur Bildung von Zellenkalk, obwohl er auch hier stark zerklüftet und mit Kalkspat verkittet ist.

Profil der Mergelgrube an der Windmühle
bei Sonneborn.

Unter dem Trochitenkalk:

aschige, graugrüne, dolomitische Mergel

0,03 m harter, dolomitischer Kalk

2,00 » dünne, bis 20 cm dicke Bänke von weichen, aschigen, graugrünen dolomitischen Mergeln, wechsellagernd mit weichen Letten.

Das ganze ist stark zerklüftet und mit Kalkspat verkittet, auch einzelne Kalkspatdrusen finden sich.

c) Oberer Muschelkalk.

1. Trochitenkalk.

Auf die sanft ansteigende Terrasse jener weichen, dolomitischen Mergel folgt nun ein zweiter steiler Anstieg, der sich überall im Gelände deutlich ausprägt, und der in den harten, widerstandsfähigen Bänken des Trochitenkalkes seinen Grund findet. In einer Mächtigkeit von durchschnittlich 10—15 m treten uns hier dicke Bänke eines harten krystallinen Kalkes entgegen, die einen großen Reichtum von Versteinerungen in sich schließen und z. T. ganz mit den Stielgliedern von *Encrinus liliiiformis* erfüllt sind. Nach oben treten dünnbankige, dichte blaue Kalke auf mit zahlreichen *Terebratula vulgaris* und vereinzelt *Pecten discites*, die als die Zone der *Terebratula vulgaris*-Kalke von den massigen Bänken des Haupttrochitenkalkes getrennt werden.

An der Windmühle westlich von Sonneborn finden sich über der schon erwähnten Mergelgrube des Mittleren Muschelkalkes beide Abteilungen aufgeschlossen.

Profil des Trochitenkalkbruches an der Windmühle.

1,00 m dicke, stark zerklüftete, graubraun melierte Bänke mit *Encrinus liliiiformis*

1,50 » dünnbankige, dichte, blaue Kalke mit *Terebratula vulgaris* und *Pecten discites*

5,00 m 0,20—0,50 und 0,70—1,00 m dicke krystallinische Kalkbänke, durch dünne Schnüre von gelben, weichen Letten getrennt, mit *Lima striata* und *Encrinus liliiformis*

Mit Gräs bewachsener Schutt

0,10—0,20 und 0,30 m dicke Bänke harten, krystallinen Kalkes,

0,70 m harte, krystallinische Kalkbank mit zahlreichen Stielgliedern von *Encrinus liliiformis*, *Lima striata* und *Terebratula vulgaris*

0,03 » gelbe, weiche, bröckelige Mergel

0,17 » dichter, gelber, fester Kalk mit muscheligen Bruch

0,24 » weicher, bröckeliger, gelber Mergel

0,17 » fester, blaubrauner, melierter Kalk mit zahlreichen Muscheln, *Lima striata*, *Pecten discites*

0,05 » mürber, gelber Kalkmergel

1,00 » blaue, harte, splittrige, krystallinische Kalkbank mit vereinzelt Rostflecken und spärlichen Stielgliedern von *Encrinus liliiformis*.

Die *Terebratula vulgaris*-Kalke sind außerdem noch aufgeschlossen in einem Bruche östlich von Hagen an der Straße nach Holzhausen sowie in einem Bruche nördlich von Kleinenberg an der Straße nach Pyrmont.

2. Ceratiten-Schichten.

Der steilere Abfall des Trochitenkalkes geht nach oben über in die sanften Hänge der Ceratiten-Schichten, die die Höhen bedecken. In einer Mächtigkeit von durchschnittlich 60 m stellen sie eine regelmäßige Folge graublauer dichter Kalke dar, die in dünnen, ziemlich gleichmäßigen Bänken aufeinander folgen und durch gelbe bis dunkle blätterige Letten von einander getrennt sind. Nach oben nehmen diese dunklen blättrigen Letten zu, und die Kalke finden sich in einzelnen flachen Geoden von hartem Gefüge, die, im Innern blau, von einer braunen, tonigen Rinde äußerlich überzogen sind.

An Versteinerungen fanden sich: *Gerrillia socialis*, *Myophoria vulgaris* und *simplex*, *Terebratula vulgaris* sowie die verschiedenen Ceratiten: *C. nodosus*, *C. compressus*, *C. semipartitus*, und *Nautilus bidorsatus*, wie ich sie von den steinigern Äckern auflesen konnte, ohne daß sich jedoch die einzelnen, in den Ceratiten-Schichten unterschiedenen Abteilungen genau feststellen ließen.

Hiermit schließt der Muschelkalk ab. Es folgen dunkle bis bunte, sandige Letten und Sandsteine, die **Lettenkohle**, deren

unterste Partie die Höhen im Südosten und Nordwesten krönt, während sie sich im Norden und Südwesten auf den jenseitigen Hängen der Höhenzüge ausbreitet. Gute Aufschlüsse finden sich nur auf Blatt Ottenstein, die bereits von O. GRUPE bearbeitet wurden. Ich kann daher auf diese schon erwähnte Arbeit verweisen. Beachtenswert ist noch, daß in den obersten Blättertonen der Ceratiten-Schichten ziemlich kräftige Quellen auftreten, die wohl die Bewohner von Vahlbruch, Neersen, Baarsen, Großenberg, Kleinenberg, Eickborn, Lichtenhagen, Lüntorf usw. veranlaßten, sich genau auf der Grenze zwischen Ceratiten-Schichten und Lettenkohlenkeuper anzusiedeln.

Diluvium.

Einige beachtenswerte Glazialbildungen mögen hier noch Erwähnung finden.

In dem schon erwähnten Buntsandsteinbruch beim Soolbadehaus breitet sich über den obersten dünnplattigen Sandsteinen eine Lage von kopf- bis 0,5 m großen, allseitig abgerundeten Quarzitblöcken aus, unter denen sich hin und wieder auch abgerollte Granite von roter Farbe finden. Das Ganze ist überdeckt von einer 1—2 m dicken Lehmschicht. Abgerollte Granite finden sich nicht allzuselten in dem bearbeiteten Gebiete, besonders mache ich auf einen großen Findling aufmerksam, der südöstlich von Ärzten an dem Hohlwege in einer mächtigen Lehmablagerung liegt.

Weiter findet sich in der Grube der Göslingschen Ziegelei über einer mehr als 0,70 m dicken Bank von graugrünem, festem, löcherigem, dolomitischem Mergel (Röt) eine 0,23 m dicke Schicht von verhärtetem, geschichtetem, weißem Quarzsand, der nach unten graugrün wird und aufgearbeitete Brocken der Rötbank enthält. Darüber liegen dann noch 0,40 m wohlgeschichtete, weiße lockere Quarzsande, mit feinen rostbraunen Bändern. Das Ganze wird überdeckt von 4 m graugrünem Lehm, der gespickt ist mit aufgearbeiteten Brocken von vornehmlich Röt und Grenzkalcken. Für diese wohlgeschichteten, feinen, weißen Quarzsande möchte ich eine fluvioglaziale Entstehung annehmen.

Die Moore.

Die Verbreitung der ausgedehnten Moorlager Pyrmons ist aus der geologischen Karte zu ersehen. Nach ihrer verschiedenen Lage sowohl als auch nach ihrem verschiedenen Aufbau in chemischer Hinsicht müssen wir zwei verschiedene Typen unterscheiden, die verschiedenen Faktoren ihre Entstehung verdanken, und denen zugleich auch ein verschiedenes Alter zukommt. Danach trennen wir die Moore in der Nähe der Stahlquelle, wo sie im Norden und Westen große Flächen bedecken, von denen des eigentlichen Tales, in dem wir sie bei Holzhausen im Norden und Südosten des Dorfes in großer Ausdehnung zum Teil noch in lebendem Zustande antreffen, und bezeichnen jene als Mineralquellmoore, die den Stahlquellen ihre Entstehung verdanken, und diese als gewöhnliche Wiesenmoore, wie sie überall bei geeignetem Untergrund in stagnierendem Wasser entstehen können. Dabei soll nicht außer Acht gelassen werden, daß auch den letzteren ein gewisser Mineralgehalt zukommt, der ihnen durch die im ganzen Tale mannigfach aufsteigenden kleineren mineralischen Quellen zugeführt wurde. Beide Moore sind »Niederungsmoore«, denn wie KREUSLER¹⁾, der sie auf Veranlassung der Brunnenverwaltung eingehend untersuchte, feststellen konnte, fehlen die spezifischen Torfmoose sowohl im lebenden als auch im abgestorbenen Zustande gänzlich.

Die Mineralquellmoore sind entstanden zu einer Zeit, als die Oberflächengestalt ein ungehindertes Abfließen der mächtig aufsteigenden Stahlquellen nicht gestattete, sich ein See bildete, in dem der Prozeß der Moorbildung vor sich gehen konnte. Es müssen also ähnliche Verhältnisse geherrscht haben, wie wir sie noch jetzt in Franzensbad²⁾ antreffen, wo in den 6 qkm weiten Moorlagern zahlreiche Mineralquellen aus der Tiefe aufsteigen, die die Ursache für ihre Bildung waren, und die ihnen ihren

¹⁾ U. KREUSLER, Über die Moorende von Bad Pyrmont. Zeitschr. f. analyt. Chemie, Bd. 38. 1899.

²⁾ E. LUDWIG, K. HODLMOSER und Th. PANZER, Über das Franzensbader Mineralmoor. Wien. klin. Wochenschr., S. 463—468. 1899.

Mineralgehalt mitteilen. Bei fortschreitender Erosion fanden die Pyrmonter Stahlquellen allmählich einen ungehinderten Abfluß nach Süden. Den Mooren wurde das für ihre Existenz notwendige Wasser entzogen, sie starben ab. Der jetzt zum größten Teil im Moore selbst abgesetzte Quellsinter breitete sich nun in einer mächtigen festen Decke im Abflußgebiete der Quellen aus, wo wir ihn heute besonders in der Haupt-Allee und im Kurpark antreffen.

KREUSLER gibt in seiner erwähnten Arbeit eine nähere Beschreibung der Moore. Danach sind sie, soweit sie sich nicht noch heute im lebenden Zustande befinden, von einer durchschnittlich $\frac{1}{2}$ —1 m mächtigen Dammerdeschicht überlagert, die er als einen durch reichlichen Humusgehalt dunkel gefärbten Lehm mit kalkiger Beimischung bezeichnet. Die Moore ruhen, soweit KREUSLER dies feststellen konnte, auf einem blaugrünlichen, plastischen Ton mit mäßiger Kalkuntermischung. Der Aufbau der Moore zeigt neben einer charakteristischen Sumpfvvegetation (Schilfarten, Schachtelhalme usw.) vornehmlich Reste von Wurzeln und Ästen auch holziger Gewächse, stellenweise sogar ganze Baumstämme von wohlhaltener Struktur. Kalksinterlagen mit oft zahllosen Trümmern kleiner Conchylien finden sich öfter. Von dem überall in wechselnder Menge vorkommenden Schwefelkies konnte KREUSLER feststellen, daß er in den älteren Mooren reichlicher vorhanden war als in den jüngeren.

Die von KREUSLER angefertigten Analysen füge ich bei, wie ich sie dem deutschen Bäderbuch¹⁾ entnommen habe.

I. Im nicht verwitterten Zustande (1888).

Die Probe wurde dem Moorlager des ehemalig Rienschneider'schen Gartens zwischen 70—130 cm von der Oberfläche aus gemessen entnommen (Mineralquellmoor).

Die Analyse der lufttrocknen Moorerde ergibt, berechnet auf 1000 Teile der bei 120° getrockneten Moorerde:

¹⁾ Deutsches Bäderbuch S. 363. 1907.

A. In Wasser lösliche Bestandteile.

1. Organische und flüchtige.

Ammonium (NH_4)	0,101
Ameisensäurerest (HCO_2)	0,571
Humussäure	9,085
Spuren von Gerbsäure	
	9,757

2. Anorganische.

Kalium (K)	0,045
Natrium (Na)	0,326
Calcium (Ca)	5,256
Magnesium (Mg)	0,435
Eisen, zweiwertig (FeII)	3,987
Mangan (Mn)	0,062
Aluminium (Al)	0,131
Sulfatrest (SO_4)	22,690
Schwefelsäure (H_2SO_4)	3,403
Phosphorsäure (H_3PO_4)	0,029
Siliciumdioxyd (SiO_2)	0,186
Spuren von dreiwertigem Eisen, Kohlendioxyd.	
	36,56

B. In Wasser unlösliche Bestandteile.

1. Organische und flüchtige.

Ammonium (NH_4)	0,241
Wachs	13,08
Harz	3,480
Humussäure	168,2
Humin	133,0
	318,0

2. Anorganische.

a) In Salzsäure lösliche.

Kalium (K)	0,418
Natrium (Na)	0,509
Calcium (Ca)	18,31
Magnesium (Mg)	1,497
Eisen, dreiwertig (FeIII)	23,91
Mangan (Mn)	0,282
Aluminium (Al)	3,812
Sulfatrest (SO_4)	40,13
Phosphatrest (PO_4)	2,113
Carbonatrest (CO_3)	3,252
Differenz-Sauerstoff (O)	14,22
Siliciumdioxyd (SiO_2)	0,774
	109,2

b) In Salzsäure unlöslich.

Freien Schwefel (S)	3,866
Schwefelkies (FeS_2)	135,7
Quarzsand, Ton usw.	89,33
	228,9
Unzersetzte Pflanzensubstanz und Analysenverlust	297,6
Die Moorerde reagiert sauer.	

II. Im verwitterten Zustande (1898).

Die Probe stammt von einem Restvorrat der auf dem Speicherraum lagernden zerkleinerten Moorerde aus demselben Lager.

Die Analyse der luftgetrockneten Moorerde gibt berechnet auf 1000 Teile der bei 120° getrockneten Moorerde:

A. In Wasser lösliche Bestandteile.

1. Organische und flüchtige.

Ammonium (NH_4)	0,491
Humussäure	17,58
Spuren von Ameisensäure und Gerbsäure	

18,07

2. Anorganische.

Kalium (K)	0,102
Natrium (Na)	0,206
Calcium (Ca)	4,718
Magnesium (Mg)	1,196
Eisen, zweiwertig (Fe_{II})	6,939
Eisen, dreiwertig (Fe_{III})	4,608
Mangan (Mn)	0,089
Aluminium (Al)	1,845
Sulfatrest (SO_4)	50,34
Schwefelsäure (H_2SO_4)	12,74
Phosphorsäure (H_3PO_4)	0,026
Siliciumdioxid (SiO_2)	0,423
Spuren von Kobalt, Chlor und Kohlendioxid	

83,22
B. In Wasser unlösliche Bestandteile.

1. Organische und flüchtige.

Ammonium (NH_4)	0,194
Wachs	10,26
Harz	6,610
Humussäure	170,9
Humin	78,70

266,7

2. Anorganische.

a) In Salzsäure löslich.

Kalium (K)	0,523
Natrium (Na)	0,191
Calcium (Ca)	17,34
Magnesium (Mg)	0,637
Eisen, dreiwertig (Fe ^{III})	26,32
Mangan (Mn)	0,217
Aluminium (Al)	3,599
Sulfatrest (SO ₄)	55,56
Phosphatrest (PO ₄)	1,602
Carbonatrest (CO ₃)	4,964
Differenz-Sauerstoff (O)	11,06
Siliciumdioxid (SiO ₂)	0,057

121,92

b) In Salzsäure unlöslich.

Freien Schwefel (S)	0,39
Schwefelkies (FeS ₂)	12,32
Quarzsand, Ton usw.	282,9

295,6

Unzersetzte Pflanzensubstanz und Analy-

senverlust 214,4

Die Mooreerde reagiert sauer.

Der Quellsinter.

Die Verbreitung des Quellsinters wurde schon erwähnt. Die ebenfalls dem deutschen Bäderbuche entnommenen, von K. FRESSENIUS ausgeführten Analysen der Sinterbildungen der verschiedenen fürstlichen Quellen mögen hier noch angeführt werden.

I. Hauptquelle.

Zusammensetzung des Quellsinters.

Calcium (Ca)	25,04 %
Strontium (Sr)	0,106 »
Baryum (Ba)	0,008 »
Magnesium (Mg)	0,246 »
Eisen, dreiwertig (Fe ^{III})	10,30 »
Mangan (Mn)	0,464 »
Kupfer (Cu)	0,005 »
Aluminium (Al)	0,036 »
Sulfatrest (SO ₄)	2,156 »
Phosphatrest (PO ₄)	0,478 »
Arsenatrest (AsO ₄)	0,076 »

Carbonatrest (CO ₃)	36,45 ‰
Differenz-Sauerstoff (O)	4,62 »
Siliciumdioxid (SiO ₂)	1,067 »
Ton und Sand	6,875 »
Wasser (H ₂ O) u. organische Substanzen	12,08 »

Daneben Spuren von Zink, Kobalt, Nickel, Antimon, Titandioxyd.

II. Brodelbrunnen.

Zusammensetzung des Quellsinters in bei 100° getrocknetem Zustande.

Calcium (Ca)	1,070 ‰
Magnesium (Mg)	0,086 »
Eisen, dreiwertig (Fe ^{III})	7,394 »
Mangan (Mn)	0,012 »
Kobalt (Co) und Nickel (Ni)	0,004 »
Kupfer (Cu)	0,011 »
Aluminium (Al)	0,014 »
Sulfatrest (SO ₄)	0,107 »
Phosphatrest (PO ₄)	0,880 »
Arsenatrest (AsO ₄)	0,376 »
Antimoniatrest (SbO ₄)	0,017 »
Carbonatrest (CO ₃)	1,035 »
Differenz-Sauerstoff (O)	3,096 »
Ton und Sand	81,15 »
Wasser (H ₂ O) u. organische Substanzen	4,637 »

Daneben Spuren von Strontium, Baryum, Zink, Blei, Titandioxyd.

III. Helenen-Quelle.

Zusammensetzung des Quellsinters in bei 100° getrocknetem Zustande.

Calcium (Ca)	5,278 ‰
Magnesium (Mg)	0,395 »
Eisen, dreiwertig (Fe ^{III})	40,09 »
Mangan (Mn)	0,105 »
Kobalt (Co) und Nickel (Ni)	0,038 »
Kupfer (Cu)	0,014 »
Aluminium (Al)	0,089 »
Sulfatrest (SO ₄)	0,076 »
Phosphatrest (PO ₄)	1,325 »
Arsenatrest (AsO ₄)	0,399 »
Carbonatrest (CO ₃)	9,270 »
Differenz-Sauerstoff (O)	16,82 »
Siliciumdioxid (SiO ₂)	2,454 »
Ton und Sand	14,76 »
Wasser (H ₂ O) u. organische Substanzen	8,961 »

Daneben Spuren von Strontium, Baryum, Zink, Antimon, Titanoxyd.

III. Die Entstehung der Pyrmonter Eisensäuerlinge.

Bei den Überlegungen über die Entstehung einer gashaltigen Mineralquelle müssen wir von vornherein zwei Fragen scharf auseinanderhalten. Das ist einmal die Frage nach dem Ursprung der Gase, sodann die nach der Herkunft des Wassers. Wiewohl beide ein und demselben Umstande ihre Entstehung verdanken können, so gibt es doch in der Natur für das Freiwerden von Kohlensäure sehr viele verschiedene Möglichkeiten, und auch das Wasser existiert auf unserer Erde nicht nur in den Flüssen, Meeren und Wolken, vielmehr finden sich ungeheure Mengen im tiefen Innern der Erde, gebunden an das im Glutflusse in den Vulkanen aufsteigende Magma, aus dem es bei Empordringen desselben frei wird und nun zum erstenmale in den großen Kreislauf seines Elementes eintritt.

Beschäftigen wir uns zunächst mit der Frage nach dem Ursprung der Kohlensäure. R. DELKESKAMP¹⁾ hat bereits die verschiedenen Entstehungsmöglichkeiten der Kohlensäure kritisch behandelt und stellt nach dem Beispiel von E. SUSS²⁾ — der die von DELKESKAMP gebrauchten Bezeichnungen für die verschiedene Herkunft des Wassers in den Quellen prägte — zwei verschiedene Arten von Kohlensäure einander gegenüber: einmal die »juvenile«, die den sich abkühlenden magmatischen Massen entstammt, sodann die »vadose«, die ihre Entstehung Vorgängen verdankt, die sich in der Nähe der Oberfläche in der Erdkruste abspielen.

Da nun dem äußeren Anschein nach sich im Pyrmonter Gebiet niemals vulkanische Vorgänge abgespielt haben, so betrachten wir zunächst die verschiedenen Bildungsmöglichkeiten der vadosen Kohlensäure und untersuchen, ob eine dieser Möglichkeiten zur Erklärung der Entstehung der Pyrmonter Kohlensäure herangezogen werden kann. In der vorgenannten Arbeit gibt DELKES-

¹⁾ R. DELKESKAMP, Vadose und juvenile Kohlensäure. Zeitschr. f. prakt. Geol., S. 30 f. 1906.

²⁾ E. SUSS, Über heiße Quellen. Verh. Ges. deutsch. Naturf. u. Ärzte. Karlsbad 1902; vergl. das Referat ebenda, S. 279. 1904.

KAMP eine Übersicht über die neueren Ansichten bezüglich dieser verschiedenen Möglichkeiten und unterscheidet drei Gruppen:

1. entstammt die Kohlensäure dem Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft,
2. kann sie organischen Ursprung haben und Braunkohlen-, Torf- oder Moorlagern entströmen oder
3. aus Kalksteinen usw. sich bilden, aus denen sie durch verschiedene chemische Vorgänge freigemacht werden kann.

Die unter 1. erwähnte Bildungsmöglichkeit kann für unsere Quellen natürlich nicht in Betracht kommen, selbst dann nicht, wenn wir die bei der Fäulnis abgestorbener Pflanzen und der Humusschicht sich bildende Kohlensäure zur Hilfe nehmen, da sie einfach nicht ausreicht, um die Mineralwässer mit der großen Menge Kohlensäure zu versehen, die sie enthalten, und die eben nur derjenigen entspricht, die unsere gewöhnlichen Süßwasserquellen mit sich führen.

Anders ist es nun mit dem organischen Ursprung der Kohlensäure; zwar können Braunkohle oder Torf nicht in Frage kommen, da solche Lager in unserem Gebiete nicht angetroffen werden und auch nicht zu erwarten sind, dagegen glaubte man an anderen Orten, besonders in den großen Kohlensäure produzierenden Moorlagern von Franzensbad eine Erklärung für die in ihren aufsteigenden Quellen mitgeführte Kohlensäure gefunden zu haben. Wie wir bereits sahen, verdanken aber jene Moorlager¹⁾ wie auch die Pyrmonter Mineralquellmoore ihre Entstehung eben den in ihnen austretenden Quellen, und diese können daher nicht von jenen ihren Gasgehalt beziehen, ganz abgesehen davon, daß sie die großen Mengen der aufgebrauchten Kohlensäure gar nicht auf der kurzen, schnell durchströmten Strecke ihres Weges durch die Moore in sich aufnehmen können. Dasselbe gilt nach DELKES-KAMP²⁾ und BERZELIUS³⁾ auch für die Marienbader Quellen. Direkt

¹⁾ P. CARTELLIERI, Die Salinischen Eisenmineralmoorbäder zu Kaiser-Franzensbad bei Eger in Böhmen. 1843.

²⁾ a. a. O.

³⁾ D. BERZELIUS, Untersuchung der Mineralwässer von Karlsbad, Teplitz und Königswart in Böhmen. GILBERT'S ANN. Phys. S. 188. 1823.

beweisend aber dafür, daß Moore an die in ihnen austretenden Quellen keine Kohlensäure abgeben, sind die Quellen zu Linda (Vogtland), Polzin (Pommern) und zu Fistel (Westfalen), die alle in Moorlagern zutage treten und entweder gar keine freie Kohlensäure enthalten, wie Polzin und Fistel, oder doch nur sehr geringe Mengen mit sich führen, wie die zu Linda: Reinhardsquelle: freie Kohlensäure 0,0277 g in 1 kg Wasser, Moorstichquelle: freie Kohlensäure 0,00 g (Bäderbuch 1907) S. 344, 355, 396.

Es bleibt also noch die unter 3 erwähnte Entstehungsweise der vadosen Kohlensäure aus Kalkstein usw. durch chemische Umsetzung.

Beginnen wir mit der Bildung der Kohlensäure bei der Zersetzung von kohlensaurem Kalk durch Erhitzen. Die Zersetzung des kohlensauen Kalks beginnt bei einer Temperatur von 530° bei normalem Druck. Ich muß also ein Kalksteinlager annehmen in einer Tiefe, in der diese Temperatur herrscht, und das ist nach der geothermischen Tiefenstufe eine Tiefe von etwa 17 500 m. Es ist von vornherein nicht ausgeschlossen, daß wir hier Kalklager von genügender Mächtigkeit annehmen können, aber diese Kalklager müssen wir wegen des auf ihnen lastenden Gesteins unter einen Druck von etwa 4700 Atm. stellen. Soll also eine Zersetzung vor sich gehen, so bin ich gezwungen, über dem Kalklager klaffende Spalten anzunehmen, in denen ein normaler Druck herrscht. Jetzt kann die Zersetzung beginnen, aber auch nur wieder bis zu einem gewissen Grade, denn die freiwerdende Kohlensäure übt nun selbst wieder einen Druck aus, der für jede Temperatur konstant ist und nach CHATELIERS¹⁾ beträgt für:

A-	547	625	745	810	865° C.
	27	56	289	878	1133 mm

Ist also die Spalte mit Kohlensäure erfüllt, so wird der Druck von 27 mm bald erreicht sein, und nun muß die Zersetzung aufhören. Soll sie fort dauern, so muß die sich bildende Kohlensäure dauernd abgeleitet werden, und das ist nur möglich entweder dadurch, daß die Kohlensäure langsam durch die überlagernden Ge-

¹⁾ Siehe DELKESKAMP, S. 40.

steine diffundiert — ein Vorgang, bei dem sie auf dem langen Wege, den sie bis zur Oberfläche zurücklegen muß, sich seitwärts so sehr in den Gesteinen verliert, daß, wenn überhaupt noch etwas nach oben gelangt, dies in gar keinem Verhältnis zu der durch die Quelle geförderten Menge steht — oder dadurch, daß sie auf einem mit der Oberfläche kommunizierenden Spaltensystem entweicht. Hierzu ist jedoch zu bemerken, daß es im höchsten Grade unwahrscheinlich ist, daß in einer Tiefe von 17 500 m bei einem Drucke von 4700 Atm. überhaupt noch offene Spalten existieren, viel weniger aber ein mit der Oberfläche kommunizierendes Spaltensystem. Diese Art der Entstehung ist also so unwahrscheinlich, daß wir nicht berechtigt sind, sie zur Erklärung irgend welcher Erscheinungen heranzuziehen.

Eine weitere Möglichkeit der Entstehung von Kohlensäure aus kohlensaurem Kalk ist die Zersetzung von Schwefelkies (FeS_2) durch Oxydation zu $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3$ und Schwefelsäure (H_2SO_4), die beide in Berührung mit kohlensaurem Kalk Kohlensäure frei machen unter Bildung von Gips (CaSO_4) und Ferrioxyd (Fe_2O_3). Die Schwefelsäure kann außerdem in der Nähe ihrer Bildung auf Tonerde stoßen und schwefelsaure Tonerde bilden, die, von Wasser gelöst, aus kohlensaurem Kalk ebenfalls Kohlensäure austreibt. Diese Entstehungsweise wird heute wieder vielfach zur Erklärung des Ursprungs der in den Mineralquellen enthaltenen Kohlensäure herangezogen, und da sie auch W. STEIN¹⁾ für die Pyrmonter Kohlensäure in Anspruch nimmt, so will ich hier näher auf seine Ausführungen eingehen. STEIN geht von der Annahme aus, »daß es wohl kaum eine Stelle unter der Erdoberfläche gibt, wo nicht Verbindungen des Eisens mit dem Schwefel in größerer oder geringerer Menge bis zu kaum wahrnehmbaren Spuren vorhanden wären, die dann bei Gegenwart von atmosphärischer Luft resp. Sauerstoff und Feuchtigkeit in der oben angegebenen Weise oxydieren«.

In den Mooren in der Nähe der Quellen findet er den nötigen

¹⁾ STEIN, Mitteilungen an Herrn Prof. BLUM gerichtet. Jahrb. f. Min. 1845, S 801.

Schwefelkies, ja sogar freie Schwefelsäure und unter dem Buntsandstein den erforderlichen Kalk, der durch die von oben eindringende Eisenlösung zersetzt wird, vielleicht aber auch mehr in seiner Nähe größere Lager von Schwefelkies führt. Dagegen ist einzuwenden, daß aus den Mooren nach unten keine Eisenlösungen eindringen können, da sie nach unten abgedichtet sind und den Flüssigkeiten ein Durchsickern unmöglich ist, außerdem können sie für die Bildung der Kohlensäure nicht herangezogen werden, da sie, wie wir schon sahen, ja erst durch die Quellen geschaffen wurden. Und für die Existenz von größeren Schwefelkieslagern in der Nähe der unter dem Buntsandstein befindlichen Kalke muß zunächst einmal der Beweis erbracht werden, bevor man sie zur Erklärung irgend welcher Bildungen heranziehen kann.

Indessen finden sich an einer anderen Stelle unseres Gebietes ganz beträchtliche Lager von Schwefelkies und zwar in den Mergeln des Mittleren Keupers, die stellenweise geradezu gespickt sind mit Schwefelkieskrystallen, die zu den bekannten größeren und kleineren kugeligen Gebilden verwachsen sind. Zwar zeigen diese durch ihre Anwesenheit besonders auch in alten verlassenen Mergelgruben, daß sie zum mindesten nicht leicht verwittern, aber wir sind wohl berechtigt anzunehmen, daß da, wo Verbindungen des Eisens mit dem Schwefel in so großer Menge vorkommen, diese sich auch in der Form des Markasits gebildet haben, oder doch Schwefelkiese, die einen größeren Gehalt an Markasit enthalten und so der Witterung stark unterliegen. Auf Klüften und feinen Spalten kann überall Wasser und Luft eindringen und der Schwefelkies verwittern. $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3$ wird in Wasser gelöst, fortgeführt, und überall da, wo es auf kalkige oder dolomitische Lagen, die ja reichlich im Keuper vorhanden sind, trifft, muß die Kohlensäure aus ihnen frei werden, die dann in Wasser gelöst weiter abwärts geführt wird. Gips bleibt zurück, außerdem fällt Eisenoxyd aus, und da der Schwefelkies fast immer Spuren von Verbindungen des Schwefels mit Mangan, Arsen usw. enthält, auch die Oxyde dieser Metalle, die vielleicht mit

die Veranlassung für die bunte Färbung des Gipskeupers waren. STEIN rieb gepulverten Marmor mit oxydhaltigem Eisenvitriol zusammen und befeuchtete dieses in einem passenden Gefäß durch und durch mit Wasser und beobachtete dabei eine stetige und gleichmäßige Entwicklung von Kohlensäure, »so daß ein solches Fläschchen eine wahre Mofette im kleinsten Maßstabe darstellt.« In der Natur wird jedoch die Zersetzung des Schwefelkieses nur sehr langsam von statten gehen, und das Wasser kann immer nur ganz geringe Mengen von gelöstem schwefelsaurem Eisenoxyd fortführen, und somit können auch immer nur ganz geringe Mengen von Kohlensäure entwickelt werden. Neue Kohlensäure entsteht erst dann, wenn neues $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3$ mit den Kalken in Berührung kommt, was in demselben Maße geschehen wird, wie das mit Kohlensäure beladene Wasser in die Tiefe sickert. Es ist dem Wasser also keine Gelegenheit geboten, den Gehalt an gelöster Kohlensäure anzureichern, es sei denn, daß es nochmals Schichten durchsickert, in denen es die zur Bildung von Kohlensäure erforderlichen Bedingungen antrifft, was vielleicht noch einmal im Keuper selbst der Fall sein kann, was aber niemals ausreichen wird, um das Wasser mit der Menge Kohlensäure zu versehen, die die Pyrmonter Quellen zu Tage fördern. Einen treffenden Beweis liefern die Quellen von Hunyadi-Yanos, die ihre Kohlensäure jenen chemischen Vorgängen verdanken, zugleich aber auch zeigen, wie geringe Mengen dabei entstehen.

STEIN glaubt dann noch in der Umsetzung von NaCl und Tonerde zu chlorsaurem Tonerde, die von Wasser fortgeführt auf Kalk trifft und Kohlensäure frei macht, eine weitere Quelle für ihre Bildung zu haben, für die jedoch dasselbe gilt wie das oben Ausgeführte und zwar in noch weit höherem Maße.

Es bliebe so zum Schluß noch eine Entstehungsmöglichkeit der vadosen Kohlensäure übrig, die neuerdings wieder von LEPSIUS¹⁾ für die Kohlensäure des Nauheimer Soolsprudels, sowie auch für das gesamte Kohlensäurevorkommen in der Eifel in An-

¹⁾ R. LEPSIUS, Festschrift zur Weihe des neuen Soolsprudels zu Bad Nauheim. 1900.

spruch genommen wird, nämlich die Ansicht, daß jene Kohlensäure frei wird aus Kalksteinen, die in der Erdtiefe durch heiße Lava oder durch hohe Temperatur, welche die Erde in gewisser Tiefe besitzt, zersetzt und in kieselsaure Gesteine (z. B. Kalksilikathornfels in kieselsauren Grauwacken aus Kalkstein) umgewandelt werden. Das würde also einmal einer Kontaktmetamorphose gleichkommen, bei der wir jedoch beobachten, daß Kalkstein in der Regel in Marmore umgewandelt werden, und nur ausnahmsweise Kalksilikathornfels sich bildet (Pyrenäen, Predazzo, Kristianiagebiet, am Bomberg im Harz, bei Berggießhübel in Sachsen nach REINISCH). Hierbei muß natürlich Kohlensäure frei werden, aber die Menge der in der Natur sich befindenden Kalksilikathornfelse steht in gar keinem Verhältnis zu den ungeheuren Mengen von Kohlensäure, die im Laufe der Erdgeschichte zu allen Zeiten aus der Tiefe aufgestiegen sind. Die Umwandlung im Kalksilikathornfels bei der Kontaktmetamorphose geht vor sich unter der Einwirkung heißer, mit gelöster Kieselsäure beladener Dämpfe, die aus dem Magma frei werden. Ebenso ist auch bei einer Umsetzung von Kalklagern wie auch von Kalksandsteinen, die in Tiefen liegen, in der solche Temperaturen herrschen, Wasser nötig, das Kieselsäure gelöst enthält. Es ist nun eine bekannte Tatsache, daß Kieselsäure nur eine ganz geringe Lösungsfähigkeit in Wasser und sogar auch in heißem Wasser besitzt.

G. SPEZIA¹⁾ hat Versuche angestellt, bei Temperaturen zwischen 153° und 323° C und Drucken zwischen 8,8 und 1161 Atm., und festgestellt, daß der Einfluß des Druckes gering ist. Er erhielt bei Platten von 0,8540 und 0,8521 g nach 60 Tagen bei Drucken von 1161 bzw. 8,8 Atm. Verluste von 0,5 bzw. 0,8 mg, wenn die Temperatur im ersten Falle 153° im zweiten 175° betrug. Den größten Verlust zeigte eine Platte von 0,8266 g bei einer Temperatur von 268° und 52 Atm. Druck, nämlich 26,8 mg. Daraus ergibt sich, daß auch hier wieder, und zwar hier ganz besonders, die Natur mit sehr dünnen Lösungen arbeitet,

¹⁾ C. DOELTER, Handbuch der Mineralogie Bd. II, S. 122, 1912.

die niemals solche energische Umsetzungen, wie sie beim Entstehen jener gewaltigen Mengen von Kohlensäure vor sich gehen müßten, bewirken können.

Die Diskussion der verschiedenen Entstehungsmöglichkeiten der vadosen Kohlensäure zwingt uns also zu dem Schluß, daß durch chemische Reaktion in der Erdrinde wohl Kohlensäure frei werden kann, daß auch sogar einzelne Mineralquellen jenen Vorgängen ihren geringen Gehalt an Kohlensäure verdanken, daß sie aber nicht imstande sind, auf lange Zeiträume hinaus große Mengen von Kohlensäure zu liefern, wie sie die meisten dieser Mineralquellen, so auch die Pyrmonter, seit langer Zeit zu Tage fördern. Die Kohlensäure sehr vieler Quellen und sicher die der Pyrmonter muß also juvenil sein.

Untersuchen wir nun im Einzelnen die Bedingungen, die für das Auftreten der juvenilen Kohlensäure maßgebend sind. Es ist seit langem bekannt, daß bei jedem vulkanischen Ausbruch eine Menge Wasserdampf, verschiedene Gase und auch Kohlensäure in die Atmosphäre entweichen. Die Menge dieser juvenilen Kohlensäure ist so groß, daß von vornherein nahe lag, alle in den Mineralquellen enthaltene Kohlensäure auf vulkanische Vorgänge zurückzuführen, umso eher als die meisten dieser Quellen in Gebieten zutage treten, in denen noch heute Vulkane tätig sind, oder in denen in jüngerer geologischer Vergangenheit Vulkanismus herrschte, und man gewöhnte sich daran, das Auftreten der Kohlensäure in diesen Gebieten als eine letzte Phase des Vulkanismus anzusehen.

Indessen können die zutage tretenden Gesteine von keiner Bedeutung für das Auftreten von Kohlensäure sein, denn die erstarrte, völlig abgekühlte Lava ist nicht mehr imstande, Kohlensäure auszuhauchen. Auch finden sich Kohlensäure-Exhalationen und stark Kohlensäure führende Quellen in Gegenden, in denen keine Spur von irgend welcher vulkanischen Tätigkeit nachzuweisen ist, und deren Kohlensäure man doch als juvenil ansprechen muß. Das Ursprungsgebiet der Kohlensäure liegt in tieferen Regionen der Erdrinde. Daher sind auch die Untersuchungen und Beob-

achtungen von SORBY, VOGELSANG, PFAFF, SIMMLER und LASPEYRES¹⁾, die feststellen konnten, daß in den Quarzen verschiedener vulkanischer Gesteine eine große Menge von Kohlensäure-Einschlüssen sich finden, zunächst von keinem Belang für die Beantwortung der Frage nach dem Ursprung der Kohlensäure. Sie beweisen zunächst nur das eine, daß die vulkanischen Gesteine ungeheure Mengen Kohlensäure bergen, zeigen aber nicht, wie sie nun nachträglich frei werden. LASPEYRES berechnete, daß der Kohlensäuregehalt eines cbkm Granit genügen würde um für:

273 000 Jahre die Kohlensäure der Quelle von Bad Nauheim.

327 338 Jahre die der Quellen von Pyrmont und

93 483 » » » » » Oeynhausien

zu liefern.

STRUTT²⁾ schlug dann einen anderen Weg ein, um den Gasgehalt der vulkanischen Gesteine zu prüfen. Er untersuchte Granite, die er bis zur Rotglut erhitzte, und konnte dabei feststellen, daß eine große Quantität von Gasen dabei frei wurde, die in ihrer Zusammensetzung ungefähr denen in den Mineralquellen entsprachen, und zeigte damit gleichzeitig, unter welchen Umständen die in einem vulkanischen Gestein enthaltenen Gase frei werden können.

Nach den Beobachtungen von BUNSEN, MONTICELLI, DEVILLE, FOUQUÉ, WOLFF, BERGEAT, und O. SYLVESTRI³⁾ am Vesuv, Santorin, Aetna, Vulcano und Cotopaxi läßt sich eine Abhängigkeit in der Zusammensetzung der Gasexhalationen von der Temperatur erkennen und zwar so, daß die einzelnen Gase bei sinkender Temperatur in einzelnen Phasen aufeinander folgen. Auf Grund der von den oben genannten Forschern gemachten Beobachtungen unterschied DELKESKAMP⁴⁾ folgende vier Phasen:

¹⁾ DELKESKAMP a. a. O., S. 46.

²⁾ STRUTT, Ursprung der Gase in den Mineralquellen. Vortrag 20. Juni 1907 in der Royal Society. Jahrb. Astrolog. 1907, 18. Jahrg.

³⁾ DELKESKAMP, a. a. O. S. 44.

⁴⁾ Ebenda, S. 44, 45.

I. Phase (1000°)

[H²O] (nur beim Ätna und nach FOUQUÉ zeitweise auch am Vesuv!).

O, N, H, Cl, HCl, SO₂, CO₂ (Spur), Cu, Na, K.

Sublimationen:

NaCl, KCl, Na₂SO₄, Na₂CO₃.

(BERGEAT u. a. fanden in der Fossa auf Vulcano:

Cl, As, S, Se, P, Fl, Bo, HCl, NH₃, Si, K, Bi, Sn, Cu, Ta, Rb, Cs.

A. SCACCHI erwähnt vom Vesuv:

HCl, NH₃, Bo, As, Fl, SO₂, Si, K, Na, Al, Mg, Ca, Fe, Mn, Cu,
Pb, Ti, Zr.)

II. Phase (600—100°).

a) Saure Salmiakfumarolen (600—100°):

S, HCl, N, O, NH₃, Fe.

Sublimationen:

(NH₄)Cl, FeCl₃, [FeCl₂], Fe₂O₃, S.

b) Alkalische Salmiakfumarolen (220°):

H₂S, SO₂, N, O, NH₃, HCl.

Sublimationen:

(NH₄)Cl, S, [(NH₄)₂CO₃ u. (NH₄)₂SO₄.

III. Phase (100—50°).

Wasserdampf mit N und O, [CO₂].

IV. Phase.

Wasserführende bis trockne Kohlensäurefumarolen:

(N, O), CO₂.

An den verschiedenen Punkten sind bei gleicher Temperatur die exhalieren Gase nicht immer dieselben, was in der Verschiedenheit des Magmas seine Erklärung findet, doch kehrt an allen Punkten das eine wieder, nämlich, daß in den heißesten Dämpfen neben anderen Na, K, HCl und SO₂ erscheinen; bei sinkender Temperatur treten Na und K zurück, viel Wasser erscheint mit verhältnismäßig viel N und O im Vergleich zu SO₂, und schließlich bleibt bei weiterem Erkalten Kohlensäure allein übrig. Dieselben Beobachtungen sind auch direkt an sich ab-

kühlenden Lavaströmen gemacht worden, und zwar fanden MONTICELLI und COVELLI am Vesuv, daß die Kohlensäure besonders dann auftritt, wenn sich der Lavastrom bis auf 100° abgekühlt hat¹⁾. Diese Temperatur möchte ich bei den weiteren Betrachtungen in erster Linie zugrunde legen.

Wärme ist also dasjenige, was die Gase aus den Laven freimacht, und zwar kommen den verschiedenen Gasen ganz bestimmte Wärmezonen zu. Ist es möglich, eine Lavamasse dauernd in dieser Wärmezone zu halten, so wird sie alle eingeschlossenen, jener Wärmezone zukommenden Gase abgeben müssen. Die Untersuchungen darüber, in welchen Wärme-Intervallen die einzelnen Gase nacheinander in den Fumarolen und in den Lavaströmen auftreten, sind noch zu lückenhaft, als daß man diese Intervalle scharf umreißen könnte, ich spreche daher im folgenden von einer Kohlensäuretemperatur und verstehe darunter nach den oben erwähnten Beobachtungen von MONTICELLI und COVELLI am Lavastrom die Temperaturzone, bei der Kohlensäure am stärksten von der Lava abgegeben wird, also um 100°. Wo finden wir nun die Möglichkeit, daß Lavamassen durch lange Zeiträume hindurch eine bestimmte, etwa die Kohlensäuretemperatur, beibehalten können? Nach der geothermischen Tiefenstufe nimmt die Temperatur nach dem Erdinnern etwa alle 33 m um einen Grad zu. In einer Tiefe von etwa 3300 m werden wir also jene Wärmezone von etwa 100° antreffen. Steigt nun ein Magma in der Erdrinde bis zu dieser Zone auf und bleibt dort stecken in der Form eines Lakkolithen, so wird es sich langsam abkühlen bis auf 100°, nicht weiter, diese Wärme muß es nun dauernd beibehalten. Reißen nun Spalten auf, so kann die Kohlensäure aus dem Magma frei werden und nach oben entweichen, und wir haben somit eine Quelle, die durch sehr lange Zeiträume hindurch Kohlensäure liefern kann, eben so lange, bis alle in dem Magma enthaltene Kohlensäure entwichen ist. Das ist die Entstehungszone der juvenilen Kohlensäure, die die meisten unserer Kohlensäuerlinge speist.

¹⁾ DELKESKAMP, a. a. O. S. 40.

Also nicht darauf kommt es an, welche Gesteine wir in der Umgebung der Quelle finden, sondern darauf, wie es im tieferen Untergrunde derselben aussieht. Finden wir oberflächlich vulkanische Gesteine, so zeigen uns diese zunächst nichts weiter an, als daß in dieser Gegend Vulkanismus geherrscht hat. Soll juvenile Kohlensäure aufsteigen, so müssen in der Tiefe Lavamassen vorhanden sein, die in der Zone der Kohlensäuretemperatur liegen, und das kann natürlich auch der Fall sein da, wo wir oberflächlich nichts von Vulkanismus wahrnehmen. Der tektonische Bau einer Gegend kann vielleicht ihre Anwesenheit verraten, wie wir dies sehen werden, aber auch das wird nur selten der Fall sein, und trotzdem müssen wir immer, wenn die genauen Untersuchungen ergeben haben, daß die an einer Stelle auftretende Kohlensäure nicht vados sein kann, auf die Anwesenheit eines Lakolithen schließen.

Die juvenile Kohlensäure ist also ein Bestandteil der vulkanischen Gesteine, die sie gelöst enthalten und sie bei der Kohlensäuretemperatur abgeben, wenn sie an Spalten aufsteigen kann. Und zwar wird die Kohlensäure restlos abgegeben, wenn die Gesteine durch die Erdwärme dauernd in jener Temperatur gehalten werden. Die vulkanische Tätigkeit ist in all den Gebieten, in denen wir Kohlensäure-Exhalationen und kohlen-säure Mineralquellen antreffen, wie in Island, Neuseeland, Yeliowstone-Park, Eifel usw., längst erloschen, und wir können daher von diesen Erscheinungen nicht eigentlich als von einer letzten Phase des Vulkanismus reden, denn das Freiwerden der Kohlensäure aus den Laven hat mit dem Vulkanismus an und für sich nichts mehr zu tun. Das ist vor allen Dingen dann der Fall, wenn alte plutonische Massen nachträglich durch tektonische Bewegungen in die Zone der Kohlensäuretemperatur gebracht wurden und nun ihre Kohlensäure unter dem Einfluß der Erdwärme abgeben. Um auszudrücken, daß die so frei gewordene Kohlensäure auf nachträgliche tektonische Bewegung zurückzuführen ist, nenne ich diese tektojuvenil.

Neben der Kohlensäure erscheinen in den Mineralquellen

vielfach noch andere freie Gase, vor allen Dingen Stickstoff und Sauerstoff. Das Vorhandensein dieser beiden Gase in den Mineralquellen führt man vielfach darauf zurück, daß sie von Meteorwasser aus der Luft gelöst mit in die Tiefe absteigen und dann als freie Gase wieder in den Quellen austreten. Hier erscheint dann hauptsächlich der Stickstoff wieder, weil der Sauerstoff auf seinem Wege durch die Erdrinde Gelegenheit zu Oxydationen fand und daher zurückgehalten wurde. Stickstoff ist in Wasser nur sehr wenig löslich, und dieses wenige wird von den Meteorwässern aus der Luft aufgenommen und mit ihnen in die Tiefe geführt, in der sie keinen weiteren vadosen Stickstoff mehr antreffen. Nun aber soll das Wasser, wenn es in der Quelle wieder an die Oberfläche zurückkehrt, also in dieselben physikalischen Bedingungen kommt, unter denen es Stickstoff und Sauerstoff aus der Luft aufgenommen hat, diese plötzlich wieder abgeben. Dafür vermag ich keinen Grund einzusehen. Sehen wir uns daraufhin einmal die Pyrmonter Quellen an. 1000 ccm des der Quelle frei entströmenden Gases bestehen aus:

	Haupt- quelle	• Brodel- brunnen	Helenen- quelle
Kohlensäure	992,9	996,5	957,1
Stickstoff	7,0	3,5	42,3
Methan	0,1	0,03	0,6
Temperatur der Quelle	12,0° C	12,7° C	12,7° C
Schüttungsmenge der Quellen in 24 Stunden	86-115 hl	1440-1800 hl	2880 hl

Die mittlere Jahrestemperatur, die für das Lösungsvermögen des Stickstoffs in Wasser zugrunde gelegt werden muß, ist für Pyrmont 10°, kommt also der der Quellen sehr nahe. Immerhin übersteigt die letztere jene um 2 resp. 2,7°, und man könnte auf diese Erwärmung des Wassers das Wiederfreiwerden des Stickstoffs zurückführen. Aber merkwürdigerweise enthalten die Gase der kälteren, der Hauptquelle, doppelt so viel Stickstoff als der wärmere Brodelbrunnen. Dabei liefert dieser etwa 18mal so viel Wasser als jene, das also auch dementsprechend mehr Stickstoff bringen sollte. Ebenso ist das Ver-

hältnis zwischen Brodelbrunnen und Helenenquelle. Bei gleicher Temperatur liefert diese etwa 12mal so viel Stickstoff als jener, fördert aber nur etwa $1\frac{1}{2}$ mal so viel Wasser in 24 Stunden. Diese Verschiedenheiten sind unmöglich zu verstehen, wenn wir annehmen, daß der Stickstoff vom Wasser aus der Luft aufgenommen ist.

Wie wir bei Besprechung der Fumarolen gesehen haben, erscheinen in einer heißeren Zone neben der Kohlensäure auch Stickstoff und Sauerstoff, die mit sinkender Temperatur immer mehr zurücktreten und umgekehrt bei steigender Temperatur zunehmen bei gleichzeitiger Abnahme der Kohlensäure. Es liegt daher sehr nahe, auch den Stickstoff auf den in der Tiefe steckenden Lakkolithen zurückzuführen. Dabei müssen wir dann annehmen, daß die verschiedenen Quellen entsprechend ihrem verschiedenen Gehalt an Stickstoff ihre Gase aus verschiedenen Regionen des Lakkolithen beziehen und zwar so, daß diejenige, die den meisten Stickstoff aufbringt, sie aus der heißeren Zone, das heißt der tieferen erhält. Die vergleichende Analyse zwingt uns schon ohnehin zu der Vorstellung, daß den verschiedenen Quellen, obwohl ihre Austrittstellen dicht beieinander liegen, ein eigenes Spaltensystem zukommt, das mehr oder weniger gegen die benachbarten abgeschlossen sein muß.

Wir kommen zur Diskussion der Frage nach dem Ursprung des Wassers.

Wir wissen, daß das aus der Atmosphäre auf die Erde niederfallende Wasser an Klüften, Spalten und feinsten Kapillaren bis in beträchtliche Tiefen in die Erdrinde eindringt. Die Spalten bilden ein zusammenhängendes System, und an irgend einer Stelle kann in diesem das Wasser wieder aufsteigen, emporgetrieben durch hydrostatischen Druck, oder unter dem Einfluß aufsteigender Gase nach oben verdrängt (HENRICH)¹⁾. Andererseits aber sahen wir, daß bei jedem vulkanischen Aus-

¹⁾ DELKESKAMP, Erforschung der Mineralquellen. Zeitschr. prakt. Geol., S. 420. 1908.

bruch ungeheure Mengen Wasserdampf zur Atmosphäre treten, und die gemachten Beobachtungen an Fumarolen zeigten uns, in welcher Wärmezone dieses juvenile Wasser aus den Laven frei wird.

Es ist nun im einzelnen nicht leicht, bei einer Quelle darüber zu entscheiden, mit welchen von diesen beiden Fällen wir es zu tun haben. Ist das Wasser vados oder juvenil? Immerhin werden uns aber der Mineralgehalt der Quellen sowie die mit ihnen aufsteigenden freien Gase einen einigermaßen sicheren Anhaltspunkt für die Beantwortung dieser Frage geben.

Wir kamen bei den Überlegungen über die Herkunft des Stickstoffs in den Quellen zu dem Schluß, daß dieser juvenil sein muß, und sahen gleichzeitig, daß mit ihm in den Fumarolen auch erhebliche Mengen Wasserdampf aufsteigen. Das zwingt uns zu der Annahme, daß ein Teil des Wassers der Pyrmonter Mineralquellen entsprechend ihrem Gehalt an freiem Stickstoff ebenfalls juvenil ist. Eine Annahme, die durch den Mineralgehalt dieser Quellen noch besonders gestützt wird, denn die oben angeführten Analysen des Quellsinters zeigen uns die Anwesenheit von Kobalt, Nickel, Kupfer usw., die nach GAUTHIER¹⁾ einen sicheren Beweis für den juvenilen Charakter einer Quelle geben. Beachtenswert ist, daß die Helenenquelle mit ihrem größten Gehalt an freiem Stickstoff in ihrem Quellsinter auch das meiste Kobalt, Nickel und Kupfer enthält und somit auch das meiste juvenile Wasser zu Tage fördern wird.

Das juvenile Wasser liefert den Pyrmonter Quellen auch ihren Gehalt an Eisenhydrokarbonat.

Der größte Teil aber des in den Quellen aufsteigenden Wassers ist vados und wird ihnen zugeführt auf einem weit verzweigten mehr oder weniger in sich abgeschlossenen Spaltensystem, in dem es unter höherem Druck zirkuliert und dabei die

¹⁾ GAUTHIER, [Caractères différentiels des eaux de source d'origine superficielle ou météorique et des eaux d'origine centrale ou ignée. *Compt. rend.*, S. 436—441. 1910.

verschiedenen Mineralien aus dem umgebenden Gestein aufnimmt.

Fassen wir nun die bei den Überlegungen über die Entstehung der Pyrmonter Eisensäuerlinge gewonnenen Resultate noch einmal kurz zusammen, so können wir sagen:

1. Die in den Quellen aufsteigenden freien Gase (Kohlensäure und Stickstoff) sind mit Ausnahme des Methan, für das ein organischer Ursprung anzunehmen ist, juvenil.
2. Ein geringer Teil des Quellwassers ist ebenfalls juvenil und liefert den Quellen ihren Gehalt an Kobalt, Nickel, Kupfer usw. sowie an Eisenhydrokarbonat.
3. Die juvenilen Bestandteile der Quellen kommen aus einem in der Tiefe steckenden Lakkolithen, der nach den bei den Überlegungen zugrunde gelegten Daten in einer Tiefe zwischen 3000—4000 m zu suchen sein mag¹⁾.
4. Der größte Teil des Quellwassers ist vados und wird der Quelle auf einem weit verzweigten Spaltensystem zugeführt, in dem es aus dem umliegenden Gestein seinen Mineralgehalt aufnimmt.
5. Die Temperatur der Quellen ist bedingt einmal durch die Mischung des heißen juvenilen Wassers mit dem kalten vadosen, sodann durch die Länge des Weges, den das Wasser aufsteigend zurücklegen muß.

Die Analysen der Pyrmonter Eisensäuerlinge.

I. Hauptquelle (aus den Originalzahlen berechnet).

Analytiker: R. FRESenius. 1964.

Spezifisches Gewicht: 1,00138 bei 19° bezogen auf Wasser von 4°.

Temperatur 12°.

Ergiebigkeit: 86—115 hl in 24 Stunden.

¹⁾ Irgend welche sichere Angaben über die Lage des Lakkolithen lassen sich natürlich bis jetzt nicht machen, doch mögen die angegebenen Zahlen immerhin eine Vorstellung geben, wo man ihn etwa zu erwarten hat.

In 1 Kilogramm des Mineralwassers sind enthalten:

Kationen	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-Äquivalente
Kalium-Ion (K ⁺)	0,007417	0,1894	0,1394
Natrium-Ion (Na ⁺)	0,07626	3,309	3,399
Lithium-Ion (Li ⁺)	0,000164	0,0234	0,0234
Ammonium-Ion (NH ₄ ⁺)	0,000722	0,0400	0,0400
Calcium-Ion (Ca ⁺⁺)	0,5248	13,09	26,18
Strontium-Ion (Sr ⁺⁺)	0,001739	0,0198	0,0397
Baryum-Ion (Ba ⁺⁺)	0,000175	0,0013	0,0025
Magnesium-Ion (Mg ⁺⁺)	0,1070	4,391	8,782
Ferro-Ion (Fe ⁺⁺)	0,02696	0,4822	0,9644
Mangano-Ion (Mn ⁺⁺)	0,002144	0,0390	0,779
Aluminium-Ion (Al ⁺⁺⁺)	0,000019	0,0007	0,0021
			39,61
Anionen			
Nitrat-Ion (NO ₃ ⁻)	0,000115	0,0019	0,0019
Chlor-Ion (Cl ⁻)	0,09854	2,780	2,780
Brom-Ion (Br ⁻)	0,000070	0,0009	0,0009
Jod-Ion (J ⁻)	0,000014	0,0001	0,0001
Sulfat-Ione (SO ₄ ⁼⁼)	0,0605	9,999	20,00
Hydrophosphat-Ion (HPO ₄ ⁼⁼)	0,000100	0,0010	0,0021
Hydrocarbonat-Ion (HCO ₃ ⁻)	1,026	16,82	16,82
Hydrosulfid-Ion (HS ⁻)	0,000117	0,0035	0,0035
	2,833	51,19	39,61
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,04126	0,5262	
	2,874	51,72	
Freies Kohlendioxyd (CO ₂)	2,396	54,46	
Freier Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	0,00130	0,0382	
	5,271	106,22	

Daneben Spuren von Borsäure, organischen Substanzen, Stickstoff, Methan.

Gefrierpunkt: — 0,072° (Probe nicht identisch, Versandwasser) v. KOSTREWICZ.

Das Mineralwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, welche in 1 Kilogramm enthält:

	Gramm
Kaliumnitrat (KNO ₃)	0,000188
Kaliumchlorid (KCl)	0,01399
Natriumchlorid (NaCl)	0,1479
Natriumbromid (NaBr)	0,000090
Natriumjodid (NaJ)	0,000016

Natriumsulfat (Na_2SO_4)	0,05510
Natriumhydrosulfid (NaHS)	0,000199
Lithiumchlorid (LiCl)	0,000994
Ammoniumchlorid (NH_4Cl)	0,002139
Calciumsulfat (CaSO_4)	1,309
Calciumhydrocarbonat [$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$]	0,5634
Strontiumhydrocarbonat [$\text{Sr}(\text{HCO}_3)_2$]	0,004160
Baryumhydrocarbonat [$\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$]	0,000330
Magnesiumhydrocarbonat [$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$]	0,6427
Ferrohydrocarbonat [$\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$]	0,08579
Manganhydrocarbonat [$\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$]	0,006899
Aluminiumhydrophosphat [$\text{Al}_2(\text{HPO}_4)_3$]	0,000118
Kieselsäure (meta) (H_2SiO_3)	0,04126
	2,874
Freies Kohlendioxyd (CO_2)	2,396 *)
Freien Schwefelwasserstoff (H_2S)	0,00130 **)
	5,272

*) = 1277 ccm bei 12° und 760 mm.

**) = 0,9 ccm bei 12° und 760 mm.

II. Brodelbrunnen (aus den Originalzahlen berechnet).

Analytiker: R. FRESSENIUS. 1864.

Spezifisches Gewicht: 1,00192 bei 19°, bezogen auf Wasser von 4°.

Temperatur: 12,7°

Ergiebigkeit: 1440–1800 hl in 24 Stunden.

In 1 Kilogramm des Mineralwassers sind enthalten:

Kationen	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-Äquivalente
Kalium-Ion (K^+)	0,007201	0,1839	0,1839
Natrium-Ion (Na^+)	0,08558	3,713	3,713
Lithium-Ion (Li^+)	0,00045	0,0064	0,0064
Ammonium-Ion (NH_4^+)	0,000984	0,0545	0,0545
Calcium-Ion (Ca^{++})	0,7024	15,02	30,04
Strontium-Ion (Sr^{++})	0,003797	0,0434	0,0867
Baryum-Ion (Ba^{++})	0,000186	0,0014	0,0027
Magnesium-Ion (Mg^{++})	0,1246	5,116	10,23
Ferro-Ion (Fe^{++})	0,02602	0,4655	0,9309
Mangano-Ion (Mn^{++})	0,002580	0,0469	0,0938
Aluminium-Ion (Al^{++})	0,000066	0,0024	0,0073
			45,35

Anionen			
Nitrat-Ion (NO_3')	0,000273	0,0044	0,0044
Chlor-Ion (Cl')	0,1119	3,158	3,158
Brom-Ion (Br')	0,000060	0,0007	0,0007
Jod-Ion (J')	0,000001	0,00001	0,00001
Sulfat-Ion (SO_4')	1,136	11,83	23,66
Hydrophosphat (HPO_4'')	0,000467	0,0049	0,0097
Hydrocarbonat-Ion (HCO_3')	1,130	18,52	18,52
Hydrosulfid-Ion (HS')	0,000038	0,0012	0,0012
	3,233	58,17	45,35
Kieselsäure (meta) (H_2SiO_3)	0,04646	0,5925	
Freies Kohlendioxyd (CO_2)	2,486	56,50	
Freier Schwefelwasserstoff (H_2S)	0,000394	0,0116	
	5,765	115,28	

Daneben Spuren von Borsäure, organischen Substanzen, Stickstoff, Methan.

Das Mineralwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, welche in 1 Kilogramm enthält:

	Gramm
Kaliumnitrat (KNO_3)	0,000445
Kaliumchlorid (KCl)	0,01339
Natriumchlorid (NaCl)	0,1707
Natriumbromid (NaBr)	0,000077
Natriumjodid (NaJ)	0,000001
Natriumsulfat (Na_2SO_4)	0,05640
Natriumhydrosulfid (NaHS)	0,000065
Lithiumchlorid (LiCl)	0,000271
Ammoniumchlorid (NH_4Cl)	0,002915
Calciumsulfat (CaSO_4)	1,557
Calciumhydrophosphat (CaHPO_4)	0,000167
Calciumhydrocarbonat [$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$]	0,5818
Strontiumhydrocarbonat [$\text{Sr}(\text{HCO}_3)_2$]	0,00908
Baryumhydrocarbonat [$\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$]	0,000351
Magnesiumhydrocarbonat [$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$]	0,7489
Ferrohydrocarbonat [$\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$]	0,08281
Manganhydrocarbonat [$\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$]	0,008305
Aluminiumhydrophosphat [$\text{Al}_2(\text{HCO}_4)_3$]	0,000415
Kieselsäure (meta) (H_2SiO_3)	0,04646
	3,280
Freies Kohlendioxyd (CO_2)	2,486*)
Freien Schwefelwasserstoff (H_2S)	0,000394**)
	5,766

*) = 1328 ccm bei 12,7° und 760 mm.

**) = 0,3 ccm bei 12,7° und 760 mm.

III. Helenenquelle (aus den Originalzahlen berechnet).

Analytiker: R. FRESSENIUS. 1864.

Spezifisches Gewicht: 1,00239 bei 18°, bezogen auf Wasser von 4°.

Temperatur: 12,7°

Ergiebigkeit: 2880 h in 24 Stunden.

In 1 Kilogramm des Mineralwassers sind enthalten:

Kationen	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-Äquivalente
Kalium-Ion (K ⁺)	0,006866	0,1754	0,1754
Natrium-Ion (Na ⁺)	0,08065	3,499	3,499
Lithium-Ion (Li ⁺)	0,000118	0,0168	0,0168
Ammonium-Ion (NH ₄ ⁺)	0,001157	0,0640	0,0640
Calcium-Ion (Ca ⁺⁺)	0,5681	14,17	28,33
Strontium-Ion (Sr ⁺⁺)	0,002069	0,0236	0,0472
Magnesium-Ion (Mg ⁺⁺)	0,1140	4,679	9,358
Ferro-Ion (Fe ⁺⁺)	0,01282	0,2294	0,4587
Mangano-Ion (Mn ⁺⁺)	0,001195	0,0217	0,0435
Aluminium-Ion (Al ⁺⁺⁺)	0,000020	0,0007	0,0023
			41,99
Anionen			
Nitrat-Ion (NO ₃ ⁻)	0,000435	0,0070	0,0070
Chlor-Ion (Cl ⁻)	0,1086	3,063	3,063
Brom-Ion (Br ⁻)	0,000035	0,0004	0,0004
Sulfat-Ion (SO ₄ ⁼⁼)	1,119	11,65	23,30
Hydrophosphat-Ion (HPO ₄ ⁼⁼)	0,000203	0,0021	0,0042
Hydrocarbonat-Ion (HCO ₃ ⁻)	0,9530	15,62	15,62
	2,968	53,22	41,89
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,04029	0,5138	
	3,009	53,74	
Freies Kohlendioxyd (CO ₂)	2,447	55,62	
	5,455	109,36	

Daneben Spuren von Baryum-, Jod-Ion, Borsäure, organischen Substanzen, Stickstoff, Methan, Schwefelwasserstoff.

Gefrierpunkt: — 0,120° (Probe nicht identisch, Versandwasser). von KOSKEWICZ.

Das Mineralwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, welche in 1 Kilogramm enthält:

	Gramm
Kaliumnitrat (KNO ₃)	0,000710
Kaliumchlorid (KCl)	0,01256
Natriumchlorid (NaCl)	0,1646
Natriumbromid (NaBr)	0,000045

Natriumsulfat (Na_2SO_4)	0,04865
Lithiumchlorid (LiCl)	0,000714
Ammoniumchlorid (NH_4Cl)	0,003425
Calciumsulfat (CaSO_4)	1,540
Calciumhydrophosphat (CaHPO_4)	0,000135
Calciumhydrocarbonat [$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$]	0,4631
Strontiumhydrocarbonat [$\text{Sr}(\text{HCO}_3)_2$]	0,004950
Magnesiumhydrocarbonat [$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$]	0,6849
Ferrohydrocarbonat [$\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$]	0,04081
Manganhydrocarbonat [$\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$]	0,003846
Aluminiumhydrophosphat [$\text{Al}_2(\text{HPO}_4)_3$]	0,000128
Kieselsäure (meta) (H_2SiO_3)	0,04029
	3,009
Freies Kohlendioxyd (CO_2)	2,447 *)
	5,456

*) = 1308 cem bei $12,7^\circ$ und 760 mm

IV. Östliche Trampelsche Quelle

(aus der Salztabelle berechnet).

Analytiker: H. A. L. WIGGERS. 1856.

Spezifisches Gewicht: 1,00122 (ohne Temperaturangabe).

Temperatur: $10,6^\circ$

In 1 Kilogramm des Mineralwassers sind enthalten:

Kationen	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-Äquivalente
Kalium-Ion (K')	0,01887	0,4820	0,4820
Natrium-Ion (Na')	0,03100	1,345	1,345
Lithium-Ion (Li')	0,000156	0,0222	0,0222
Calcium-Ion (Ca'')	0,1872	4,669	9,338
Magnesium-Ion (Mg'')	0,04272	1,754	3,507
Ferro-Ion (Fe'')	0,000793	0,2253	0,4507
Mangano-Ion (Mn'')	0,000793	0,0144	0,0288
Aluminium-Ion (Al''')	0,000566	0,0209	0,0626
			15,236
Anionen			
Nitrat-Ion (NO_3')	0,000036	0,0006	0,0006
Chlor-Ion (Cl')	0,03574	1,008	1,008
Sulfat-Ion (SO_4'')	0,3163	3,293	6,586
Hydrocarbonat-Ion (HCO_3')	0,4662	7,641	7,641
	1,1122	20,475	15,236
Kieselsäure (meta) (H_2SiO_3)	0,001480	0,0189	
	1,1137	20,494	
Freies Kohlendioxyd (CO_2)	1,955	44,43	
	3,069	64,92	

Das Mineralwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, welche in 1 Kilogramm enthält:

	Gramm
Kaliumnitrat (KNO_3)	0,000058.
Kaliumchlorid (KCl)	6,03592
Natriumchlorid (NaCl)	0,02952
Natriumsulfat (Na_2SO_4)	0,05973
Lithiumchlorid (LiCl)	0,000943
Calciumsulfat (CaSO_4)	0,3869
Calciumhydrocarbonat [$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$]	0,2863
Magnesiumhydrocarbonat [$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$] . . .	0,2567
Ferrohydrocarbonat [$\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$]	0,04008
Manganhydrocarbonat [$\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$]	0,002552
Aluminiumsulfat [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$]	0,003575
Kieselsäure (meta) (H_2SiO_3)	0,001480
	1,1138
Freies Kohlendioxyd (CO_2)	1,955 *)
	3,069

*) 1037 cem bei 10,6° und 760 mm.

V. Westliche Trampelsche Quelle (aus der Salztabelle berechnet).

Analytiker: H. A. L. WIGGERS. 1856.

Spezifisches Gewicht: 1,00122 (ohne Temperaturangabe).

Temperatur: 10,6°.

In 1 Kilogramm des Mineralwassers sind enthalten:

Kationen	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-Äquivalente
Kalium-Ion (K^+)	0,02221	0,5674	0,5674
Natrium-Ion (Na^+)	0,04847	2,103	2,103
Calcium-Ion (Ca^{++})	0,3097	7,724	15,45
Magnesium-Ion (Mg^{++})	0,05640	2,315	4,631
Ferro-Ion (Fe^{++})	0,006298	0,1127	0,2253
Mangano-Ion (Mn^{++})	0,002198	0,0400	0,0799
Aluminium-Ion (Al^{+++})	0,000759	0,0280	0,0841
			23,14
Anionen			
Nitrat-Ion (NO_3')	0,000043	0,0007	0,0007
Chlor-Ion (Cl')	0,03832	1,081	1,081
Sulfat-Ion (SO_4'')	0,4946	5,149	10,30
Hydrocarbonat-Ion (HCO_3')	0 7173	11,76	11,76
	1,6963	30,88	23,14
Kieselsäure (meta) (H_2SiO_3)	0,006556	0,0836	
	1,7029	30,96	
Freies Kohlendioxyd (CO_2)	1,591	36,15	
	8,294	67,11	

Die Summen der gelösten festen Bestandteile bei diesen beiden Quellen betragen 1,1 und 1,7 g, wobei Hydrokarbonat-, Sulfat- und Calcium-Ionen vorwalten. Da 2,0 bzw. 1,6 g Kohlendioxyd vorhanden sind, so ist die östliche Quelle, die 12,6 mg Eisen enthält, als »erdig-sulfatischer Eisensäuerling«, die westliche Quelle (6,3 mg Eisen) als »erdig-sulfatischer Säuerling« zu bezeichnen.

Das Mineralwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, welche in 1 Kilogramm enthält:

Kaliumnitrat (KNO_3)	0,000071
Kaliumchlorid (KCl)	0,04228
Natriumchlorid (NaCl)	0,03009
Natriumsulfat (Na_2SO_4)	0,1129
Calciumsulfat (CaSO_4)	0,5873
Calciumhydrocarbonat [$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$]	0,5529
Magnesiumhydrocarbonat [$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$] . . .	0,3389
Ferohydrocarbonat [$\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$]	0,02004
Manganhydrocarbonat [$\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$]	0,007073
Aluminiumsulfat [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$]	0,004797
Kieselsäure (meta) (H_2SiO_3)	0,004797
	1,7029
Freies Kohlendioxyd (CO_2)	1,591 *)
	3,294

*) = 843,8 ccm bei 10,6° und 760 mm.

IV. Die Pyrmonter Solquellen.

Die Solquellen liegen am linken Ufer der Emmer bei der unteren Emmerbrücke auf einer Verwerfung. Außerdem besitzt Pyrmont noch eine Bohrlochsole, die in der Nähe des Bahnhofes jenseits der Bahn gelegen ist. Sämtliche Quellen beziehen ihren Salzgehalt aus den Zechsteinsalzen. Die Kohlensäure sowie ein geringer Teil des Wassers — wenigstens das der Salztrinkquelle, die Spuren von Nickel und Kupfer enthält — sind nach den vorausgegangenen Überlegungen als juvenil anzusprechen. Beachtenswert ist der relativ geringe Salzgehalt neben viel Kohlensäure bei der Salztrink- und Salzbadequelle gegenüber dem großen Salzgehalt neben wenig Kohlensäure in der Bohrlochsole, worauf ich im tektonischen Teile zurückkomme.

Die Analysen der Solquellen.

I. Salztrinkquelle (aus den Originalzahlen berechnet).

Analytiker: E. Hirtz und L. Grönert. 1904.

Spezifisches Gewicht: 1,00687 bei 15°, bezogen auf Wasser von 4°.

Temperatur: 9,1°, gemessen im Quellschacht.

Ergiebigkeit: 41 hl in 24 Stunden.

In 1 Kilogramm des Mineralwassers sind enthalten:

Kationen	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm- Äquivalente
Kalium-Ion (K ⁺)	0,03069	0,7840	0,7840
Natrium-Ion (Na ⁺)	2,735	118,6	118,6
Lithium-Ion (Li ⁺)	0,000363	0,0517	0,0517
Ammonium-Ion (NH ₄ ⁺)	0,001508	0,0835	0,0835
Calcium-Ion (Ca ⁺⁺)	0,5324	13,28	26,55
Strontium-Ion (Sr ⁺⁺)	0,006962	0,0795	0,1590
Magnesium-Ion (Mg ⁺⁺)	0,1574	5,461	12,92
Zink-Ion (Zn ⁺⁺)	0,000115	0,0018	0,0035
Ferro-Ion (Fe ⁺⁺)	0,000192	0,0034	0,0069
Mangano-Ion (Mn ⁺⁺)	0,004836	0,879	0,1759
			159,3
Anionen			
Nitrat-Ion (NO ₃ ⁻)	0,004098	0,0661	0,0661
Chlor-Ion (Cl ⁻)	3,927	110,8	110,8
Brom-Ion (Br ⁻)	0,000580	0,0073	0,073
Jod-Ion (J ⁻)	0,000002	0,00002	0,00002
Sulfat-Ion (SO ₄ ⁼⁼)	1,334	13,89	27,77
Hydrophosphat-Ion (HPO ₄ ⁼⁼)	0,000023	0,0002	0,0005
Hydroarsenat-Ion (HASO ₄ ⁼⁼)	0,000010	0,00007	0,0001
Hydrocarbonat-Ion (HCO ₃ ⁻)	1,267	20,76	20,76
	10,002	285,0	159,4
Borsäure (meta) (HBO ₃)	0,001166	0,0265	
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,01958	0,2497	
	10,023	285,2	
Freies Kohlendioxyd (CO ₂)	1,706	38,77	
	11,729	324,0	

Daneben Spuren von Nickel-, Kupfer-Ion, Titansäure. Gefrierpunkt: - - 0,502° (identische Probe). (E. Hirtz und L. Grönert.)

Spezifische elektrische Leitfähigkeit (in reziproken Ohm pro cm-Würfel $\kappa = 0,01144$ bei 13,5° (identische Probe). (E. Hirtz und L. Grönert.)

Das Mineralwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, welche in 1 Kilogramm enthält:

	Gramm
Kaliumnitrat (KNO_3)	0,006685
Kaliumchlorid (KCl)	0,05356
Natriumchlorid (NaCl)	3,430
Natriumbromid (NaBr)	0,000747
Natriumjodid (NaJ)	0,000002
Natriumsulfat (Na_2SO_4)	0,6198
Lithiumchlorid (LiCl)	0,002196
Ammoniumchlorid (NH_4Cl)	0,004467
Calciumsulfat (CaSO_4)	1,298
Calciumhydrophosphat (CaHPO_4)	0,000038
Calciumhydroarsenat (CaHAsO_4)	0,000018
Calciumhydrocarbonat [$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$]	0,6075
Strontiumhydrocarbonat [$\text{Sr}(\text{HCO}_3)_2$]	0,01666
Magnesiumhydrocarbonat [$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$]	0,9458
Zinkhydrocarbonat [$\text{Zn}(\text{HCO}_3)_2$]	0,000329
Ferrohydrocarbonat [$\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$]	0,000611
Manganhydrocarbonat [$\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$]	0,01556
Borsäure (meta) (HBO_2)	0,001166
Kieselsäure (meta) (H_2SiO_3)	0,01958
	10,023
Freies Kohlendioxyd (CO_2)	1,706 *
	11,729

*) = 900,0 ccm bei 9,1° und 760 mm.

II. Salzbadequelle (aus der Salztabelle berechnet).

Analytiker: H. A. L. WIGGERS. 1861.

Spezifisches Gewicht: 1,00617 (ohne Temperaturangabe).

Temperatur: 10,0°.

In 1 Kilogramm des Mineralwassers sind enthalten:

Kationen	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-Äquivalente
Kalium-Ion (K')	0,000666	0,0170	0,0170
Natrium-Ion (Na')	3,758	163,0	163,0
Lithium-Ion (Li')	0,00013	0,018	0,018
Calcium-Ion (Ca'')	1,077	26,85	53,70
Magnesium-Ion (Mg'')	0,2126	8,727	17,45
Mangan-Ion (Mn'')	0,004352	0,0791	0,1582
Aluminium-Ion (Al''')	0,00013	0,0049	0,015
			234,4

Anionen			
Chlor-Ion (Cl^-)	6,224	175,6	175,6
Sulfat-Ion (SO_4^{--})	2,033	21,16	42,33
Hydrocarbonat-Ion (HCO_3^-)	1,006	16,49	16,49
	14,316	411,9	234,4
Kieselsäure (meta) (H_2SiO_3)	0,00697	0,0889	
	14,323	412,0	
Freies Kohlendioxyd (CO_2)	1,227	27,88	
	15,550	439,9	

Daneben Spuren von Ammonium-, Nitrat-, Brom-, Fluor-Ion.

Das Mineralwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, welche in 1 Kilogramm enthält:

	Gramm
Kaliumchlorid (KCl)	0,00127
Natriumchlorid (NaCl)	9,537
Lithiumchlorid (LiCl)	0,00076
Calciumchlorid (CaCl_2)	0,6943
Calciumsulfat (CaSO_4)	2,804
Magnesiumsulfat (MgSO_4)	0,06732
Magnesiumhydrocarbonat [$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$]	1,196
Manganhydrocarbonat [$\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$]	0,01401
Aluminiumsulfat [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$]	0,00084
Kieselsäure (meta) (H_2SiO_3)	0,00697
	14,322
Freies Kohlendioxyd (CO_2)	1,227 ^{*)}
	15,549

^{*)} = 649,3 ccm bei 10,0° und 760 mm.

III. Bohrlochsolquelle (aus der Salztabelle berechnet).

Analytiker: H. A. L. WIGGERS. 1861.

Spezifisches Gewicht: 1,02819 (ohne Temperaturangabe).

Temperatur: 15,0°.

In 1 Kilogramm des Mineralwassers sind enthalten:

Kationen	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-Äquivalente
Natrium-Ion (Na^+)	12,61	547,1	547,1
Lithium-Ion (Li^+)	0,00014	0,020	0,020
Calcium-Ion (Ca^{++})	2,044	50,97	101,9
Magnesium-Ion (Mg^{++})	0,3503	14,38	28,76
Ferro-Ion (Fe^{++})	0,02105	0,3766	0,7532
Mangan-Ion (Mn^{++})	0,00242	0,0440	0,0879
Aluminium-Ion (Al^{+++})	0,00017	0,0063	0,019
			678,6
			15*

Anionen			
Chlor-Ion (Cl')	20,41	575,5	575,7
Brom-Ion (Br')	0,002148	0,0269	0,0269
Sulfat-Ion (SO ₄ '')	3,842	40,00	79,99
Hydrocarbonat-Ion (HCO ₃ ')	1,401	22,97	22,97
	40,68	1251,6	678,7
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,00811	0,103	
	40,69	1251,7	
Freies Kohlendioxyd (CO ₂)	0,6967	15,83	
	41,39	1267,5	

Daneben Spuren von Kalium-, Ammonium-, Nitrat-, Fluor-Ion.

Das Mineralwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, welche in 1 Kilogramm enthält:

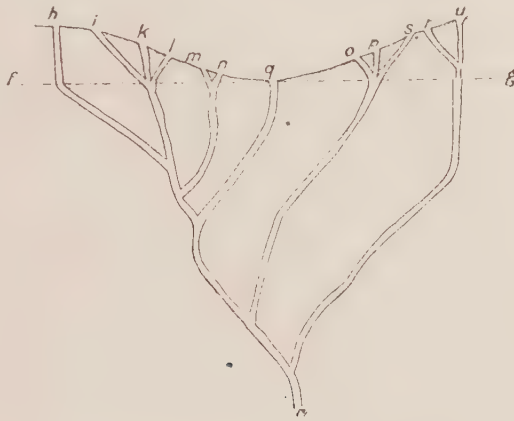
	Gramm
Natriumchlorid (NaCl)	32,0
Natriumbromid (NaBr)	0,002768
Lithiumchlorid (LiCl)	0,00087
Calciumchlorid (CaCl ₂)	1,588
Calciumsulfat (CaSO ₄)	4,993
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,3992
Magnesiumhydrocarbonat [Mg(HCO ₃) ₂]	1,620
Ferrohydrocarbonat [Fe(HCO ₃) ₂]	0,06700
Manganhydrocarbonat [Mn(HCO ₃) ₂]	0,00778
Aluminiumsulfat [Al ₂ (SO ₄) ₃]	0,0011
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,00811
	40,68
Freies Kohlendioxyd (CO ₂)	0,6967*)
	41,38

*) = 375,3 cem bei 15,0° und 760 mm.

V. Die Pyrmonter Dunsthöhle.

Die Dunsthöhle liegt in einer Entfernung von etwa 500 m von den Eisensäuerlingen und etwa 13 m höher als diese im Buntsandstein. Sie wurde bei den Steinbrucharbeiten, die wegen der überall mächtig aufsteigenden Kohlensäure wieder eingestellt werden mußten, entdeckt und von dem damaligen Badearzt D. JOH. PHILIP SEIP im Jahre 1720 überbaut. Die Kohlensäure steigt hier an einer Verwerfung, an der auch die Quellen liegen, ohne jede Spannung auf, so daß die Menge des

aufströmenden Gases sich abhängig zeigt vom jeweiligen Luftdruck. BISCHHOF¹⁾ stellte sich diese Erscheinung so vor, daß er eine Verbindung der Spalten, an denen die trockene Kohlensäure aufsteigt, mit dem eigentlichen Quellkanal annahm. Da nun in beiden der Wasserspiegel gleich hoch stehen muß, nämlich im Niveau des Quellmundes, so kann an den höher gelegenen Punkten nur trockene Kohlensäure ausströmen. Nebenstehende, von BISCHHOF gegebene Skizze²⁾ mag diesen Vorgang erläutern.



VI. Der geologische Bau des Pyrmonter Beckens.

Wie schon eingangs erwähnt, ist das Pyrmonter Becken ein weites, flaches, ringsum von Bergen eingeschlossenes Tal, das verschiedenen geologischen Faktoren seine Entstehung verdankt. In tektonischer Hinsicht stellt es in der Hauptsache einen breiten, flachen Sattel dar, der von der Weser kommend das Gebiet in nordwestlicher Richtung durchzieht, und der schon von

¹⁾ G. BISCHOF, Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, Bd. I, Bonn 1847, S. 256.

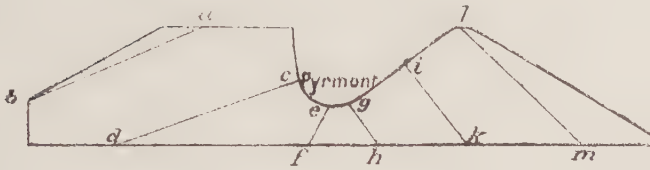
²⁾ rq = Hauptkanal des Kohlensäuerlings,
h--u = Seitenkanäle,
fg = Horizontale des Quellenausflusses.

STILLE¹⁾ als die Pyrmonter Achse bezeichnet wurde. Die Sattel-Achse verläuft von Osten kommend über die Höhe zwischen den Dörfern Kleinenberg und Großenberg hindurch, in nordwestlicher Richtung über den Mühlenberg 100 m südlich am Bahnhof Pyrmont vorbei, durch den Mittleren Buntsandstein am linken Emmerufer bis hinauf zur Dunsthöhle. Hier biegt sie nach Westen um und geht über Holzhausen bis zum Fuße des Papenberges, von wo sie, sich nach Südwesten wendend, dem Tale nördlich der Chaussee Holzhausen—Hagen bis zum Fuße des Tabaksberges folgt. In nordwestlicher Richtung geht sie von hier weiter über die Höhe von Tappenkrug, 500 m südwestlich an Sonneborn vorbei bis zur Höhe des Saalberges, durchquert 1 km südlich Alverdissen in einem nach Süden offenen Bogen das Tal der Chaussee Bartrup—Alverdissen und behält dann vom Strunlesberg an über den Teutberg im wesentlichen eine nordwestliche Richtung bei. Diesem Verlaufe der Sattelachse entsprechend bewegt sich das Fallen der Schichten im Nordflügel des Sattels zwischen N 40° O im Nordosten und N 70° O im Osten von Pyrmont, und im Südflügel zwischen N 40° O im Süden und Nordwesten von Pyrmont und N 15° O und N 40° W an der Straße Hagen—Holzhausen nach Südwesten bzw. Südosten. Der Grad des Fallens beläuft sich auf 5 bis 15°. In der Sattelachse selbst zeigen die Schichten im Südosten von Pyrmont ein schwaches Einfallen nach Südosten und im Nordwesten bis Sonneborn ein solches nach Nordwesten, was einer Aufwölbung der Sattelachse entspricht, und wodurch in dem ganzen Gebiet ein elliptisch umgehendes Streichen zustande kommt, das schon A. HOFFMANN²⁾ veranlaßte, das Pyrmonter Tal als ein Erhebungstal zu charakterisieren, wie er es in umstehender Skizze³⁾ zum Ausdruck brachte.

¹⁾ H. STILLE, Der geologische Bau der Ravensbergischen Lande. 3. Jahresber. Niedersächs. geol. Ver., S. 234. 1910. S. 226.

²⁾ G. BISCHOF, Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, Bonn 1847, Bd. 1, S. 50.

³⁾ Der Profildurchschnitt zeigt die vom Mittelpunkt abwärts gekehrte Neigung der Schichten ab, ed, ef, gh, ik, lm.



Von diesem allgemeinen Schema weicht jedoch das Fallen der Schichten in den Bergen nördlich von Pyrmont bis Gellersen erheblich ab. Während im Nordosten von Gellersen die Schichten noch nach Nordosten in der Richtung von N20°O fallen, zeigen sie in der Schleife an der Griesener Chaussee ein solches nach der entgegengesetzten Richtung, also eine zweite Antiklinale, deren Achse von Gellersen das Tal hinauf zur Jägerbuche zieht, sich dort nach Südsüdosten wendet, über den Bomberg hinweggeht, und nun in einem nach Westen offenen Bogen nach der Dunsthöhle streicht, wo sie sich mit der erstbeschriebenen Achse scharf. Westlich Gellersen verläuft diese Achse dann etwa 1½ km im Tale des Griesse-Baches und wendet sich dann nach Nordwesten auf die Höhe östlich von Sonneborn, in der sie bis Sonneborn zu verfolgen ist, wo sie von einer Verwerfung abgeschnitten wird.

In dem von den beiden Achsen eingeschlossenen Gebiet und an dem im Osten sich anlegenden Königsberg sind eine Reihe von zum größten Teil streichenden Verwerfungen zu beobachten, die wohl die Ursache für die doppelte Antiklinalstellung der Schichten in dem ursprünglich einfach angelegten Sattel waren. Von Löwensen läuft eine Verwerfung durch das Tal über Friedenstal am Fuße des Schellen- und Duncken-Berges entlang bis hinauf in den Langen-Grund, an der die Gesteine südwestlich dieser Linie um etwa 40 m abgesunken sind. In der Verlängerung des Hessentales setzt am Fuße des Königsberges eine zweite Verwerfung auf, die, in westsüdwestlicher Richtung verlaufend, 100 m südlich des Buntsandsteinbruches der Göslingschen Ziegelei die Straße kreuzt und sich hier in zwei Äste teilt, von denen der eine um den Südwest-

und Südfuß des Königsberges herum bis etwa zu dem Schuppen verläuft und an der der Königsberg in der Hauptsache nach Nordwesten abgesunken ist. (Die Schichten des Wellenkalkes fallen im Königsberg in der Richtung N15W12° nach Nordwesten.) Der andere Zweig der Verwerfung geht von dem erwähnten Scharungspunkte über die Dunsthöhle, die Trampelschen Quellen, die Hauptquelle zur Helenenquelle und tritt deutlich, anfänglich als Steilhang und später als Kante im Gelände, in die Erscheinung. An der Helenenquelle wendet sich die Verwerfung nach Nordwesten und streicht vermutlich über die kleinen Quellen nördlich des Feldweges nach Holzhausen auf die Erdfälle zu. An dieser Verwerfung haben sich die Schichten im Südabhang des Bomberges und Iberges nach Südwesten geneigt, während die Scholle südlich von ihr bis zum Königsberg um wenig weiter absank. An dieser Verwerfung steigen die Pyrmonter Eisensäuerlinge sowie die Kohlensäure der Dunsthöhle auf. Auf der Höhe der Griesener Chaussee verläuft eine dritte Verwerfung in südsüdöstlich-nordnordwestlicher Richtung, an der sich die Schichten des Wellenkalkes nordöstlich der Chaussee nach Nordwesten gesenkt haben, während die Höhe südwestlich derselben um etwa 60 m gesunken ist. Dieser Verwerfung parallel verläuft etwa 1 km weiter nach Südwesten eine vierte, an der die Gesteine der Tappenkrughöhe noch einmal um etwa 50 m gegenüber der erstgenannten Höhe verworfen sind. Das Tal von Sonneborn durchzieht dann endlich noch eine fünfte Verwerfung, die die Schichten südwestlich des Dorfes um etwa 50 m tiefer legt als diejenigen des Knappberges im Norden von Sonneborn. Diese fünf Verwerfungen waren die Ursache für die doppelte Antiklinalstellung der Schichten in dem beschriebenen Geländeabschnitt.

Von den Erdfällen zieht dann noch eine lange Querverwerfung über Holzhausen nach Süden vermutlich über Hohenborn weiter nach Lügde, wo sie am Fuße des Bomberges wieder deutlich wahrzunehmen ist und hier die Gesteine des Lügde-Hagener-Höhenzuges um etwa 50 m tiefer legt als die gleich-

altigen auf dem rechten Emmerufer. Diese Verwerfung war die Veranlassung für die Entstehung der Erdfälle, die wegen ihrer großen Tiefe auf Auslaugung der Zechsteinsalze zurückzuführen sind. Am linken Ufer der Emmer setzt der Buntsandstein an einer deutlich im Gelände auftretenden Kante in der Linie Neubrunnen-Solquellen bis zu der 500 m nördlich der neuen Brücke gelegenen kleinen salzhaltigen Quelle plötzlich ab. Er ist hier in einem Graben abgesunken, der auf dem rechten Emmerufer in einer der erstgenannten Linie etwa parallelen, die jenseits der erbohrten Solquelle¹⁾ verläuft, begrenzt wird und nach Nordosten an der über den Königsberg über die kleine salzhaltige Quelle kommenden Verwerfung abbricht. Wieweit dieser Graben nach Südwesten verläuft, ist nicht zu ermitteln.

Über das Alter der Dislokationen läßt sich nichts Bestimmtes aussagen, da jüngere Schichten fehlen, doch können wir wohl annehmen, daß sie sich zu derselben Zeit abspielten, als die der Pyrmonter parallel verlaufende Osning-Achse herausgehoben wurde, also posteretacisch sind²⁾.

Betrachten wir nun im ganzen die geologischen Faktoren, wie sie in ihrem Zusammenwirken das Pyrmonter Tal mit seinen segensreichen Quellen schufen.

Ein breiter flacher Sattel wurde in südost-nordwestlicher Richtung über Pyrмонт aufgefaltet. In der Sattelachse stiegen magmatische Massen auf, die die Sattelachse aufwölbten und die Schichten in ein elliptisch umgehendes Streichen legten. Die Salzlager des Zechsteins wurden unter dem von unten wirkenden Drucke plastisch und vermutlich aus der Region der Sattelachse weg seitwärts gequetscht. Das aufsteigende Magma blieb in der Zone der Kohlensäuretemperatur als Lakkolith

¹⁾ Aus dem Bohrregister läßt sich die Grenze zwischen Röt und Mittlerem Buntsandstein nicht genau ersehen, doch scheint soviel daraus hervorzugehen, daß der Röt hier ungewöhnlich mächtig ist, was in dem Grabenbruch seine Erklärung findet.

²⁾ H. STILLE, Der Mechanismus der Osningachse. Dies. Jahrb. 1910, Bd. XXXI, Teil I. S. 337.

stecken und gibt nun seinen ungeheuren Reichtum an Kohlensäure, dem geringe Mengen von Stickstoff und juvenilem Wasser beigesellt sind, ab. Sie begegnet, an einer Verwerfung aufsteigend, vadosem Wasser, das nun mit ihr und beladen mit den auf seinem langen Wege durch die Gesteine gelösten Mineralien als heilbringende Quellen zu Tage tritt. Der Aufwölbung der Sattelachse entsprechend mag sich der Lakkolith etwa von der Emmer bis Sonneborn erstrecken mit einem Druckzentrum unter der Dunsthöhle. Hieraus erklärt sich der vorher erwähnte geringe Salzgehalt neben viel Kohlensäure in den an der Emmer gelegenen Solquellen und der große Salzgehalt neben wenig Kohlensäure in der weiter entfernten Bohrlochsole¹⁾. Die Emmer durchnagte von Südwesten kommend an der Lügder Nord-Süd-Verwerfung die harten Gesteine des Muschelkalkes, bis sie in den weichen Rötmergeln eine breite Basis für ihre Erosionstätigkeit fand. Die Gesteine des Muschelkalkes mußten nun, ihrer Unterlage beraubt, abstürzen, und so entstand das rings von Bergen eingeschlossene Tal.

Der Fluß folgt von Lügde an der Westseite des Tales der

¹⁾ Nach Abschluß dieser Arbeit übersendet mir O. RENNER, Berlin, freundlichst seine Bearbeitung der Sonneborner Bohrung (Über den Zechstein an der Pyrmonter Achse, Zeitschr. Deutsch. geol. Ges., Mon.-Ber., Bd. LXVI. 1914). Hieraus ist zunächst als das Wichtigste hervorzuheben: »das vollständige Fehlen von Steinsalz im Zechstein«. Die Bohrung steht in der Sattelachse und kann somit als ein Beweis meiner oben ausgesprochenen Vermutung, daß der Lakkolith die Salze aus der Region der Sattelachse weg seitwärts gequetscht hat, gelten. Diese Vermutung wird noch weiter gestützt dadurch, daß die Bohrung Sole erschroten hat, deren Austritt mit Ausbrüchen hochgespannter Kohlensäure begleitet war, die die Sole aus einer Tiefe von 928 m bis zutage hob und sie sogar »noch 50 m über die Erdoberfläche in feinsten Zerstäubung schleuderte«. Dies beweist, daß einmal eine lebhafte Kohlensäureentwicklung dort in der Tiefe vor sich geht, sodann, daß in der Nähe noch Salz anstehen muß, wie dies O. RENNER auch schon ausspricht. Weiter ist höchst beachtenswert, daß über den Auslaugungsresiduen oder da, wo das Salz ursprünglich gelegen hat, nichts von einer »Einsturzbreccie« oder einem »Schollenmosaik« vorhanden ist, wie sie notwendigerweise hätten entstehen müssen, wenn das Fehlen der Zechsteinsalze durch Auslaugung verursacht worden wäre. Nach diesem dürfte auch die beobachtete »gneisähnliche Schieferung« der Anhydrite des Mittleren Zechsteins wohl auf Dynamometamorphose zurückzuführen sein.

Grenze zwischen Muschelkalk und Röt, bis er durch die härteren Bänke des Unteren Röts bzw. Mittleren Buntsandsteins im Süden von Pymont gezwungen wird, nach Osten umzubiegen. Durch den erwähnten Grabenbruch zwischen den beiden Emmerbrücken verläßt er dann das Tal.

Die Pyrmonter Achse läßt sich nach Südosten sowohl als auch nach Nordwesten auf große Erstreckungen weiter verfolgen und wurde von GRUPE, MESTWERDT, STILLE¹⁾ und HAARMANN²⁾ in einzelnen Abschnitten bearbeitet; von STILLE wird sie in ihrer Gesamtheit als die Piesberg-Pyrmonter-Achse bezeichnet. WEGNER³⁾ gibt in seiner »Geologie Westfalens« einen Überblick über den Verlauf dieser Achse sowie über den geologischen Bau der bis jetzt bekannten Abschnitte. Ich kann mich daher hier darauf beschränken, den Verlauf der Achse nochmals kurz zu skizzieren und verweise im übrigen auf die beiliegende tektonische Übersichtskarte (Tafel 13), auf der ich die Piesberg-Pyrmonter Achse sowie die angrenzenden Gebiete zur Darstellung gebracht habe. Nach Osten setzt sich die Achse über Blatt Ottenstein bis zur Weser fort, wo sie an der S—N-Verwerfung des Wesertales um etwa 400 m abgesunken ist⁴⁾. Am Ostufer der Weser treffen wir auf den Buntsandsteinsattel des Voglers, Hornburgwaldes und Elfes⁵⁾, in dem ich die Fortsetzung der Piesberg-Pyrmonter Achse erblicken möchte, die dann vermutlich in der Antiklinale des Einbecker Stadtförstes⁶⁾ an der

¹⁾ H. STILLE, a. a. O.: Der geologische Bau der Ravensbergischen Lande S. 226 ff.

²⁾ E. HAARMANN, Die geologischen Verhältnisse des Piesberg-Sattels bei Osnabrück. Dies. Jahrb. f. 1909, Bd. XXX, Teil I.

³⁾ »Westfalenland«. Eine Landes- und Völkerkunde Westfalens. Herausgegeben von TH. WEGNER. I. Teil, Geologie Westfalens.

⁴⁾ O. GRUPE, Zur Entstehung des Wesertales zwischen Holzminden und Hameln. Zeitschr. Deutsch. geol. Ges., Monatsber., Bd. LVII, S. 43 ff. 1905.

⁵⁾ O. GRUPE, Präoligocäne und jungmiocäne Dislokationen und tertiäre Transgressionen im Solling und seinem nördlichen Vorlande. Dies. Jahrb., Bd. XXIX, Teil I, S. 612. 1908. — Die geologischen Verhältnisse des Elfes, des Hornburgwaldes, des Voglers und ihres südlichen Vorlandes. Inaug.-Diss. Göttingen 1901.

⁶⁾ V. KOENEN, Blatt Einbeck, Erläut. z. geol. Spezialk. Preußen.

Leine ausklingt. Nach Nordwesten ist sie zunächst im einzelnen noch nicht bekannt, verläuft aber wahrscheinlich über die Muschelkalkvorkommen von Schloß Sternberg, Lüdenhausen, Herbrechtsdorf, bis sie bei Calldorf¹⁾ wieder deutlich in die Erscheinung tritt. Hier wendet sie sich nach Westnordwesten und geht südlich von Vlotho über Horst durch den Herforder Keupervorsprung südlich von Bünde vorbei, dann nach Nordwesten über Schleddehausen, Wulften durch die Tertiärversenkung von Astrup über den Horsterberg zum Piesberg. Von hier überschreitet sie in westlicher Richtung die Hase, bis sie sich 1 km westlich derselben, um 1½ km nach Südwesten verworfen, über Roterberg, Oberdorf nach Nordwesten wendet. Im Bentheimer Sattel glaubt WEGNER dann diese Achse wiederzuerkennen.

Literaturverzeichnis.

- J. BERZELIUS, Untersuchungen der Mineralbäder von Karlsbad, Töplitz und Königswart in Böhmen. GILBERT's Ann. d. Physik, 6. u. 7. Stück, S. 188. 1823.
- G. BISCHOF, Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. Bd. I, S. 256. 1847.
- P. CARTELLIERI, Die Salinischen Eisenmineralmoorbäder zu Kaiser Franzensbad bei Eger in Böhmen. 1843.
- R. DELKESKAMP, Erforschung der Mineralquellen. Zeitschr. f. prakt. Geol., S. 420. 1908.
- , Vadose und juvenile Kohlensäure. Ebenda S. 33. 1906.
- Deutsches Bäderbuch. 1907.
- C. DOELTER, Handbuch der Mineralogie, Bd. II₁, S. 122. 1912.
- A. GAUTHIER, Caractères Différentiels des eaux de source d'origine superficielle ou météorique et des eaux d'origine centrale ou ignée. Compt. rend., S. 436—441. 1910.
- O. GRUPE, Zur Stratigraphie der Trias im Gebiet des oberen Wesertales. 4. Jahresher. nieders. geol. Ver., S. 56. 1911.
- , Zur Entstehung des Wesertales zwischen Holzminden und Hameln. Zeitschr. Deutsch. geol. Ges., Mon.-Ber., Bd. LVII, S. 43 u. f. 1905.
- , Präoligocäne und jungmiocäne Dislokationen und tertiäre Transgressionen im Solling und seinem nördlichen Vorlande. Dies. Jahrb. f. 1908, Bd. XXIX, Teil I, S. 612 u. f.
- , Die geologischen Verhältnisse des Elfas, des Homburger Waldes, des Voglers und ihres südlichen Vorlandes. Inaug.-Diss. Göttingen. 1901.

¹⁾ A. MESTWERDT, Die Quellen von Germete bei Warburg und von Calldorf in Lippe. Dies. Jahrb. f. 1911, Bd. XXXII, Teil I, S. 145.

- E. HAARMANN, Die geologischen Verhältnisse des Piesbergsattels bei Osnabrück. Dies. Jahrb. f. 1909, Bd. XXX, Teil I. S. 1.
- A. v. KOENEN, Blatt Einbeck. Erläut. geol. Spezialk. Preußen. 1910.
- U. KREUSLER, Über die Moorerde von Bad Pyrmont. Zeitschr. f. analyt. Chemie, Bd. XXXVIII. 1899.
- R. LEPSIUS, Festschrift zur Weihe des neuen Solsprudels zu Bad Nauheim. 1900.
- E. LUDWIG, K. HODLMOSER und TH. PANZER, Über das Franzensbader Mineralmoor. Wien. klin. Wochenschr., S. 463—468. 1899.
- A. MESTWERDT, Die Quellen von Germete und von Calldorf in Lippe. Dies. Jahrb. f. 1911, Bd. XXXII, Teil I, S. 145.
- W. STEIN, Mitteilungen, an Herrn Professor BLUM gerichtet. N. Jahrb. f. Min. 1845, S. 801.
- H. STILLE, Der Mechanismus der Osningachse. Dies. Jahrb. f. 1910, Bd. XXXI, Teil I. S. 357.
- , Der geologische Bau der Ravensburgischen Lande. 3. Jahresber. Nieders. Geol. Ver. 1910. S. 226.
- R. J. STRUTT, Ursprung der Gase in den Mineralquellen. Vortrag 20. Juni 1907 in der Royal Society. Jahrb. Astrolog., 18. Jahrg. 1907.

Druckfertig abgeschlossen am 16. Oktober 1918, Druck verfügt am 10. November 1919.

